

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра “Автоматизації хімічних виробництв”

ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

на тему: «Автоматизація технологічного процесу виробництва етанолу
методом гідратації етилену»

Виконав:

Яковенко

Т.Г. ,

ІХФ

Група

ЛА-52

Керівник дипломного проекту

ст. викл. Ситніков О. В.

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ім. Ігоря Сікорського»

ІНЖЕНЕРНО - ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра автоматизації хімічних виробництв

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

А.І.Жученко

«__» _____ 2019р

Дипломний проект

освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр»
(назва ОКР)

з напрямку підготовки (спеціальності) 6.050202 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

на тему: «Автоматизація технологічного процесу виробництва етанолу методом гідратації етилену»

Виконав: студент IV курсу, групи ЛА-52

(шифр групи)

Яковенко Тарас Геннадійович
(прізвище, ім'я, по-батькові) _____ (підпис)

Керівник: ст.вик. Ситніков Олексій Володимирович _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант Охорона праці к.т.н., доц. Ковтун В. М. _____
(назва розділу) (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що в цьому дипломному
проекті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань

Студент _____
(підпис)

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Інститут (факультет) інженерно-хімічний

(повна назва)

Кафедра автоматизації хімічних виробництв

(повна назва)

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Напрямок підготовки 6.050202 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Жученко А. І.

(підпис)

(ініціали, прізвище)

« 27 » лютого 2019 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Яковенко Тарас Геннадійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Автоматизація процесу виробництва етанолу методом гідратації етилену,

керівник проекту ст.викл. Ситніков Олексій Володимирович ,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від « 15 » травня 2019 р. № 1521-с

2. Термін подання студентом проекту 20 червня 2019 р. _____

3. Вихідні дані до проекту система керування, що забезпечує задані часові показники якості процесу керування, автоматичний контроль таких параметрів: температура маси, що надходить в холодильник E1 та E2; температура маси на виході з холодильника E1 та E2; а також технологічна сигналізація таких параметрів: температура на виході з холодильника E1 та E2; тиск у трубопроводі подачі води у теплообмінник T1;

4. Зміст пояснювальної записки Аналіз технологічного процесу виробництва етанолу методом гідратації етилену; автоматизація технологічного процесу виробництва етанолу методом гідратації етилену; математичне моделювання холодильника; синтез системи керування; функціональна схема автоматизації; програмні засоби автоматизації; розробка 3Д принтеру; охорона праці .

3. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень, плакатів, презентацій тощо) Схема автоматизації технологічного процесу; принципова електрична схема дистанційного керування і аварійного захисту та технологічного блокування електродвигунів; принципова електрична схема технологічних блокувань та технологічної сигналізації контрольованих параметрів; плакати _____

6. Консультанти розділів проекту*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	к.т.н., доц. Ковтун В. М.		

7. Дата видачі завдання 6 березня 2019 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Опис технологічного процесу	15.04.2019	
2	Розробка креслень	19.04.2019	
3	Моделювання об'єкта	25.04.2019	
4	Синтез системи керування	15.05.2019	
5	Функціональна схема автоматизації	20.05.2019	
6	3Д принтер	25.05.2019	
7	Охорона праці	30.05.2019	

Студент

(підпис)

Яковенко Т. Г.
(ініціали, прізвище)

Керівник проекту

(підпис)

Ситніков О. В.
(ініціали, прізвище)

* Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного проекту.

Реферат

Дипломний проект на тему "Автоматизація технологічного процесу виробництва етанолу методом гідратації етилену" містить пояснювальну записку об'ємом у 75 сторінки, 2 листа креслень форматом А1, одне креслення формату А2 та 1 плакатів.

Пояснювальна записка містить 36 рисунків, 5 таблиць, 1 додаток і 14 літературних джерел.

У розділах пояснювальної записки виконаний аналіз технологічного стану виробництва, запроектовано автоматичну систему керування, розроблена математична модель статичного й динамічного режимів роботи об'єкта керування. Виконано синтез дискретної системи керування.

Також у дипломному проекті розглянуто питання охорони праці на виробництві етанолу методом гідратації етилену.

При виконанні дипломного проекту були використані методи теорії автоматичного керування та математичного моделювання.

Була створена фізична модель 3Д принтеру для побудови моделі апарату холодильника.

За результатами роботи опубліковано тези на міжнародній конференції. Основні результати можуть бути використані для попередньої оцінки параметрів налаштування реальних систем керування та в якості дидактичних матеріалів курсів «Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів», «Проектування систем управління», «Автоматизація хімічних виробництв» та «Теорія автоматичного керування»

Ключові слова: автоматизація, холодильник, 3Д принтер, технологічний процес, схема автоматизації, контроль та регулювання, об'єкт керування, передатна функція, перехідна характеристика, синтез регулятора, техніка безпеки.

Abstract

The diploma project on the theme "Automation of the technological process of ethanol production by the method of ethylation hydration" contains an explanatory note with a volume of 75 pages, 2 sheets of drawings in A1 format, one drawing of A2 format and 1 posters.

The explanatory note contains 36 figures, 5 tables, 1 supplement and 14 literary sources.

In the sections of the explanatory note an analysis of the technological state of production was made, an automatic control system was designed, a mathematical model of the static and dynamic modes of operation of the control object was developed. The synthesis of the discrete control system is executed.

Also in the diploma project the issues of labor protection in the production of ethanol by the method of hydration of ethylene are considered. When completing the diploma project, methods of the theory of automatic control and mathematical modeling were used.

A physical 3D printer model was created for constructing the refrigerator model.

The results of the thesis have been published at the international conference. The main results can be used to pre-evaluate the parameters of setting up real control systems and as didactic materials of the courses "Identification and modeling of technological objects", "Designing control systems", "Automation of chemical production" and "The theory of automatic control"

Key words: automation, refrigerator, 3D printer, technological process, automation circuit, control and regulation, control object, transfer function, transient characteristic, regulator synthesis, safety technique.

Зміст

Вступ	4
1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА ЕТАНОЛУ МЕТОДОМ ГІДРАТАЦІЇ ЕТИЛЕНУ	5
1.1 Теоретичні основи процесу виробництва етанолу методом гідратації етилену	5
1.2 Аналіз технологічної схеми виробництва етанолу методом гідратації етилену, як об'єкта автоматизації	9
1.3 Постановка задачі автоматизації у виробництві етанолу методом гідратації етилену	10
2. МАТЕМАТИЧНЕ ПРЕДСТАВЛЕННЯ МОДЕЛІ ХОЛОДИЛЬНИКА(ТРУБЧАСТОГО ТЕПЛООБМІННИКУ)	Ошибка!
Закладка не определена.5	
2.1 Постановка задачі для моделювання холодильника (трубчастого теплообміннику)	Ошибка! Закладка не определена.5
2.2 Структурно-параметрична схема моделі холодильника (трубчастий теплообмінник)	16
2.3 Моделювання статичного режиму роботи холодильника (трубчастого теплообміннику)	19
2.4 Моделювання динамічного режиму роботи холодильника (трубчастого теплообміннику)	22
3. СИНТЕЗ СИСТЕМИ КУРУВАННЯ ХОЛОДИЛЬНИКОМ	22
3.1 Підготовка до синтезу системи керування холодильника (трубчастого теплообмінника)	22
3.2 Синтез системи керування холодильника (трубчастого теплообмінника) налаштування регулятора	23
3.3 Дослідження системи на стійкість систему керування	25

					ДП-1.ЛА-5215.000.001			
Змн	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Автоматизація процесу виробництва етанолу методом гідратації етилену	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб		Яковенко Т. Г.						
Перев								
Реценз								
Н.Контр.								
Затв.						НТУУ "КПІ", ІХФ, ЛА-52		

4. ОПИС ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА ЕТАНОЛУ МЕТОДОМ ГІДРАТАЦІЇ ЕТИЛЕНУ	27
4.1 Опис функціональної схеми автоматизації виробництва етанолу методом гідратації етилену контур приладів з 1 по 10.....	27
4.2 Опис функціональної схеми автоматизації виробництва етанолу методом гідратації етилену контур приладів з 11 по 20.....	31
4.3 Опис функціональної схеми автоматизації виробництва етанолу методом гідратації етилену контур приладів з 21 по 30.....	32
5. 3D ПРИНТЕР ПОВНА СБОРКА МЕХАНІЧНОЇ ТА ЕЛЕКТРОНОЇ ЧАСТИНИ(PRUSA I3)	35
5.1 3D принтер заходи безпеки.....	35
5.2 Знайомство з 3D принтером, опис його характеристик та побудова механічної частини	37
5.3 Установка електроніки та її налаштування.....	61
Висновки.....	73
Список літератури	74

Вступ

Було взято дипломний проект на тему «Автоматизація виробництва етанолу методом гідратації етилену».

Етанол належить до числа великотоннажних та широко вживаних продуктів органічного синтезу. Він є хорошим, хоча і вогнебезпечним розчинником; у великих кількостях використовується в харчовій і медичній промисловості. Служить паливом в рідинних ракетних двигунах, антифризом і так далі. Як проміжний продукт органічного синтезу етанол має важливе значення для отримання складних ефірів: хлороформу, діетилового ефіру, ацетальдегіду й оцтової кислоти.

За ідею цього дипломного проекту було взято створення схеми автоматизації виробництва етанолу методом гідратації етилену та покращення процесу. Одна з найважливіших цілей розробка схеми автоматизації, яка могла би поліпшити виробництво етанолу, підвищити якість продукції, та знизити людський фактор в процесі та покращити безпеку виробництва.

					КР.ТВИІ-2.ЛА-5215.000.001.ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		4

1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА ЕТАНОЛУ МЕТОДОМ ГІДРАТАЦІЇ ЕТИЛЕНУ

1.1. Теоретичні основи процесу виробництва етанолу методом гідратації етилену

Етанол — це є органічна сполука, яка являється представником ряду одноатомних спиртів складу C_2H_5OH . За звичайних умов є безбарвною, легкозаймистою рідиною.

Етанол можна застосовувати в багатьох відгалуженнях нашого життя. Етанол використовують як: паливо, сировина, розчинник, антисептик. Етанол - прекрасне і порівняно недороге паливо. Величезна кількість етанолу споживає хімічна промисловість. З етанолу отримують безліч різноманітних речовин для покращення людського життя. Медицина в своєму арсеналі активно використовує різноманітні отрути. Етанол - в тому числі [15]. Адже в етиловому спирті прекрасно гинуть бактерії. Тому перед тим, як взяти кров на аналіз, шкіру на місці майбутнього проколу дезінфікують. Спирти застосовують також у виробництві синтетичних полімерів, каучуків, пластифікаторів, миючих засобів, як розчинники і екстрагентів і для інших цілей. Вони є масовою продукцією нафтохімічного синтезу, тому велике значення для економіки виробництва спиртів мають методи їх отримання та вихідна сировина. Одним з найважливіших методів виробництва спиртів є гідратація олефінів. Цим методом отримують етиловий, ізопропіловий, втор- і трет-бутилові спирти. Метиловий спирт отримують на основі окису вуглецю і водню.

Трудові та сировинні витрати при виробництві етилового спирту з харчових продуктів і деревної тирси дуже великі, тому значно вигідніше виходити з дешевого вуглеводневої сировини і отримувати спирт гідратацією

					КР.ТВІІ-2.ЛА-5215.000.001.ІІЗ	Арк
						5
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

етилену [15]. Для виробництва однієї тони етилового спирту на основі етилену необхідно переробити всього приблизно 2,5 тони газу або нафтових дистилатів, а для отримання 1 тони спирту з рослинних матеріалів потрібно 4 тони зерна, 10 - 12 тон картоплі або 8 тон деревної тирси [15]. Трудові витрати в людино-годинах при виробництві етанолу з різних джерел становлять: з картоплі 280, з зерна 160, з етилену 10.

При виробництві етанолу виділяються шкідливі речовини, які можуть забруднювати атмосферу. Такі як діетилсульфат, етілсульфат, діетиловий ефір, фосфорні ефіри і інші леткі речовини.

Тому необхідно очистити гази, що випаровуються. Для захисту повітряного басейну від негативного антропогенного впливу у вигляді забруднення його шкідливими речовинами використовують такі заходи:

- екологізацію технологічних процесів;
- очищення газових викидів від шкідливих домішок;
- розсіювання газових викидів в атмосфері;

Способи очищення викидів від токсичних газо- і пароподібні домішок поділяють на три групи: 1) поглинання домішок шляхом застосування каталітичesk4ого перетворення; 2) промивка викидів розчинниками домішки (абсорбційний метод) і 3) поглинання газоподібних домішок твердими тілами (адсорбційний метод).

За допомогою каталітичного методу токсичні компоненти промислових викидів перетворюють в речовини нешкідливі або менш шкідливі шляхом введення каталізаторів [15]. Широко використовуються каталізатори що містять в собі паладій та ванадій. Один з різновидів цього методу це

					КР.ТВІІ-2.ЛА-5215.000.001.ІЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		6

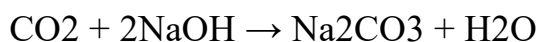
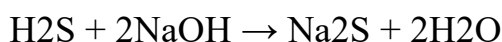
вижигання шкідливих домішок за допомогою газових пальників, широко використовується на нафтопереробних заводах.

Абсорбційний метод заснований на поглинанні шкідливих речовин абсорбентом (вода, розчини лугів або соди, аміаку та ін.) Пристрої - абсорбери.

Адсорбційний метод дозволяє витягувати шкідливі компоненти з промислових викидів за допомогою адсорбентів - тверді тіла з ультромікропористою структурою (активоване вугілля і глинозем, силікагель, цеоліти, сланцева зола та інше).

Очищення етилену зводиться до видалення з нього сірководню, двоокису і окису вуглецю, ацетилену і кисню [15]. Видалення цих домішок може здійснюватися на різних стадіях процесу виробництва етилену.

Сірководень, двоокис вуглецю і органічні сірчисті забруднення видаляють шляхом промивання газо-водневим лугом (зазвичай 10% розчином їдкого натру) в спеціальному скрубєрі. При цьому протікають реакції:



Значне зниження вмісту сірчистих сполук (до 0,0001%) і двоокису вуглецю (до 0,001%) досягається при двоступеневої промиванні лугом.

Очищення від ацетилену може здійснюватися промиванням ацетоном при

					КР.ТВІІ-2.ЛА-5215.000.001.ІІЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		7

низьких температурах або, найчастіше, селективним гідруванням. Зміст ацетилену в газі піролізу коливається від 0,1 до 1%. При очищенні воно повинно бути знижено до 0,001 - 0,002%. Видалення ацетилену абсорбції ацетоном засноване на кращому розчиненні ацетилену в ацетоні і проводиться при низьких температурах.

1.2 Аналіз технологічної схеми виробництва етанолу методом гідратації етилену, як об'єкта автоматизації

Реакція приєднання води була відкрита Фарадеем 1825 - 1828 рр. він знайшов, що при дії сірчаної кислоти на етилен, що міститься в світильному газі, поряд з діетиловим ефіром та іншими продуктами утворюється етиловий спирт. Згодом було встановлено, що першим продуктом приєднання сірчаної кислоти до етилену є етілсіркова кислота, яка при гідролізі перетворюється на етанол. У 1873 році А.М.Бутлеров і В.Горяінов детально вивчили сірчокислу гідратацію етилену і передбачили технічне значення цього процесу. На початку тридцятих років в Радянському Союзі М.А.Даліним з співр. були проведені дослідження кислотною гідратації олефінів і в 1936 році в Баку була створена перша промислова установка по отриманню етилового спирту з нафтових газів [15].

Сірчаноокислотна гідратація олефінів є оборотним процесом. Вона протікає в дві стадії:



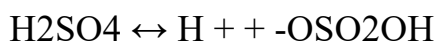
Перша стадія - взаємодія олефінів з сірчаною кислотою - протікає через освіту карбоний-іона, тобто як електрофільне заміщення за правилом

					КР.ТВІІ-2.ЛА-5215.000.001.ІІЗ	Арк
						8
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

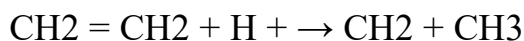
Марковникова. Тому сірчаноокислотна гідратація олефінів вище C2 дозволяє отримувати тільки вторинні і третинні спирти.

Сірчана кислота в цьому процесі відіграє роль і каталізатора і реагенту.

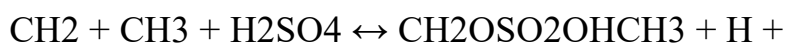
Спочатку відбувається відщеплення протона від молекули кислоти:



Під дією його з молекули олефіна утворюється карбоний іон



який далі реагує із сірчаною кислотою з відщепленням від неї протона і освітою алкілсульфатів:



Якщо в системі присутня вода, можуть також утворюватися іони алкоксонія, які розкладаються з поєднань спирту:



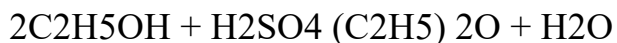
Поряд з цим протікає ряд побічних реакцій:

1. освіту діалкілсульфатів:



2. освіту простих ефірів з двох молекул спирту з відщепленням води:

					КР.ТВІІ-2.ЛА-5215.000.001.ПЗ	Арк
						9
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		



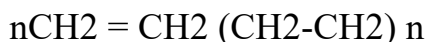
Причому передбачається, що фактично спочатку спирт реагує з карбоний-іоном, а потім від продукту приєднання відщеплюється протон:



в) утворення карбонільних сполук (альдегідів) при дегідрюванні спирту:



г) полімеризація олефінів:



Через цих побічних реакцій при гідратації олефінів разом із спиртами виходять невеликі кількості ефірів, альдегідів і полімерів. Крім того, освіта нерозщеплюваних сульфопохідних призводить до підвищеної витрати сірчаної кислоти. Найбільш низькою реакційною здатністю при взаємодії з сірчаною кислотою має етилен. Відносна швидкість поглинання різних олефінів 80% сірчаною кислотою змінюється наступним чином: етилен (1), пропілен (500), бутилен-1 (1 000), ізобутилен (16 000) [15].

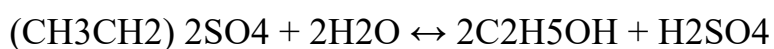
Видно, що зі збільшенням молекулярного ваги олефінів їх реакційна здатність зростає. Олефіни за свого строю також мають дуже високою реакційною здатністю [15]. Оскільки олефіни в залежності від молекулярного ваги і будови реагують з сірчаною кислотою з різною швидкістю, для кожного з них підбирають свої умови: концентрація кислоти, температуру, тиск.

					КР.ТВІІ-2.ЛА-5215.000.001.ІЗ	Арк
						10
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Олефіни	Концентрація вихідної кислоти, %	Тиск, кгс/см ²	Температура, °С
Етилен	96 - 98	25	65 - 75
Пропилен	70	8	65 - 75
Бутилен	75 - 85	3 - 4	45
Изобутилен	65	3 - 4	30

Абсорбцію олефінів сірчаної кислотою здійснюють в реакторах колонного типу з ковпачковими тарілками, на яких розташовані змійовики водяного охолодження, оскільки реакція йде з виділенням тепла [5, 10]. Тепло виділяється не тільки за рахунок власної реакції, але також за рахунок розведення кислоти водою [15].

Друга стадія - гідроліз алкілсульфатів водою, здійснюваний при нагріванні гострим паром; одночасно відбувається відгонка спирту і розведення сірчаної кислоти до концентрації майже вдвічі меншою, ніж вихідна. Суттєвою особливістю процесу є розщеплення при гідролізі на спирті кислоту, не тільки моноалкіл-, але і диалкілсульфатів:



При надлишку олефіну кількість диалкілсульфату зростає, а витрата кислоти знижується, що дуже важливо для економіки процесу. Зазвичай один моль сірчаної кислоти поглинає до 1,2 - 1,3 моль олефіну. Іншою особливістю є можливість поглинання олефінів з відповідних фракцій (етан-етиленові, пропан-пропіленові і ін.) Без їх концентрування [15].

					КР.ТВІІ-2.ЛА-5215.000.001.ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		11

Селективність перетворення олефіну в спирт при кислотною гідратації становить 85 – 95 %, а загальний рівень конверсії олефіну перевищує 97 %.

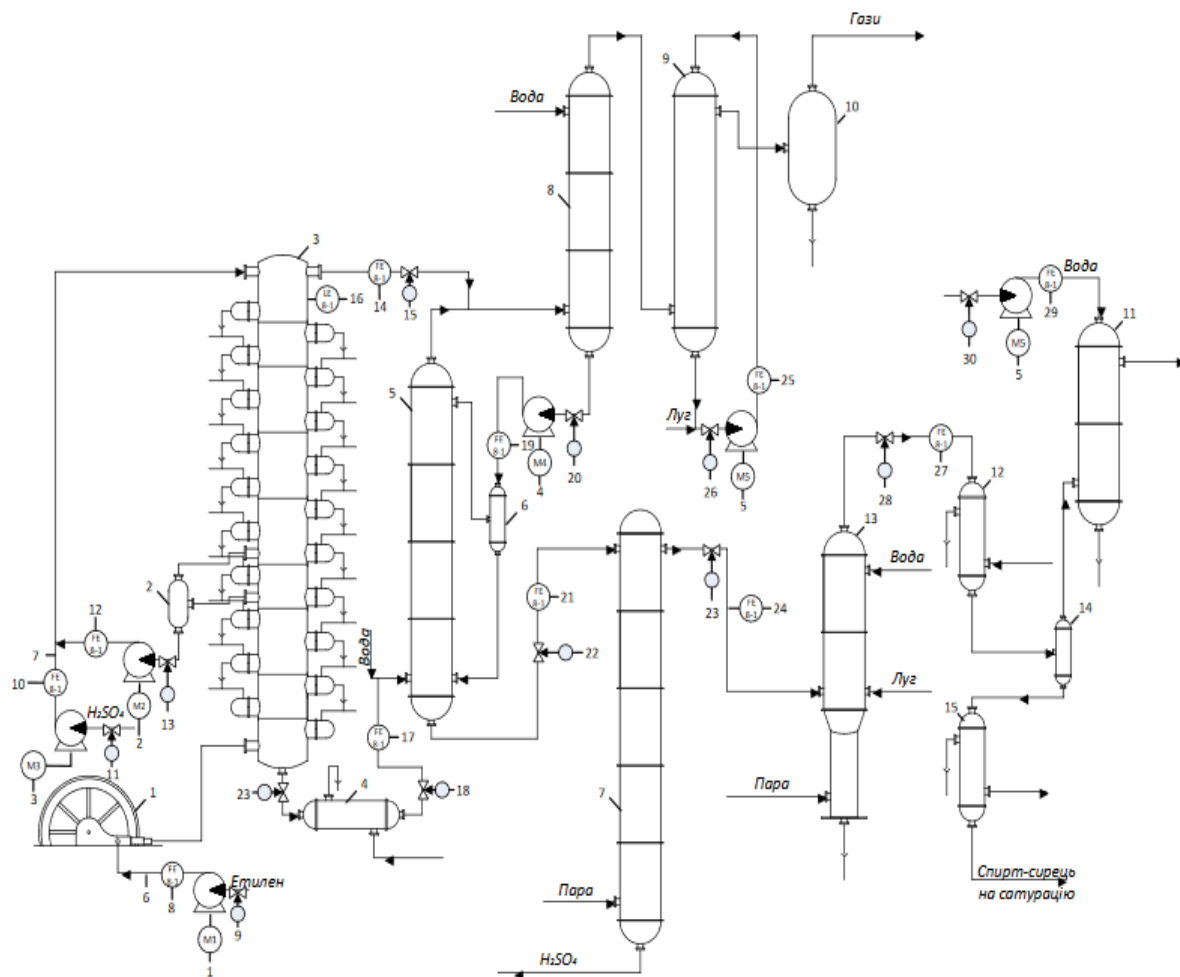


Рис.1 Схема установки отримання етилового спирту кислотною гідратацією етилену

1 – компресор; 2, 14 – сепаратори; 3 – реакційна колона; 4, 12, 15 – холодильники; 5 – гідролізер; 6 – водоструминний насос; 7 – відпарна колона; 8, 9, 11 – скрубери; 10 – бризкоуловлювач; 13 – нейтралізаційна відпарна колона

Початковою сировиною служить газоподібна етан етиленових фракція, яка містить 30 – 50 % етилену, і 95 – 97 % сірчана кислота. Газ який містить в

					КР.ТВІІ-2.ЛА-5215.000.001.ІІЗ		Арк
							12
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			

собі етилен подають у реактор - абсорбційну колону [3], збрискуючу сірчаною кислотою і має 25 тарілок. Газ у вигляді дрібних бульбашок барботують на тарілках через шар рідини, де відбувається поглинання етилену [15]. Для відводу тепла реакції на кожній тарілці є змійовик водяного охолодження. У колоні підтримується температура 65 - 75 °С і тиск 25 кгс/см². Газ, який залишає колону містить 2 – 6 % етилену. Він проходить скрубери [8] і [9] зрошувані відповідно водою і 5 – 10 % розчином їдкого натру, для відмивання сірчаної кислоти і нейтралізації. Відмитий газ (етан) направляють на піроліз.

З нижньої частини колони 3 безупинно впливає реакційна маса, що має приблизно наступний склад (%): етілсульфат – 60-80, сірчана кислота - 10-30, діетилсульфат - 2-8, полімери - 1-7, вода та інші домішки -2. Ця суміш охолоджується в холодильнику [4] і направляється в гідролізер [5], куди надходить і вода. Гідроліз проводиться при 92 - 96 °С і тиску 4,5 - 5 кгс/см². з нижньої частини гідролізеру [5] реакційна маса надходить у верхню частину відпарної колони [7], в низ якої подається гострий пар. У нижній частині колони підтримується температура 125 °С, у верхній 110 °С і тиск 0,5 кгс/см². З нижньої частини колони [7] відводиться 45 – 47 % сірчана кислота, яка надходить на випарювання до 90 % концентрації. Пари спирту та інших продуктів направляються в колону [13], де відганяється спирт-сирець [6, 10, 12, 15]. У цю колону для нейтралізації сірчаної кислоти вводять 5% розчин їдкого натру.

Спирт - сирець містить 25 – 35 % етанолу, 35 % діетилового ефіру, 60 – 65 % води і 0,05 % полімерів. Його направляють на ректифікацію для отримання 95 – 96 % концентрації спирту. Вихід етанолу ректифікату становить 85% від стехіометричного. Крім того, виходить діетиловий ефір з виходом до 7%.

Сірчаноокислотна гідратація олефінів - найпоширеніший метод отримання спиртів. Однак недоліком методу є участь великих кількостей

					КР.ТВІІ-2.ЛА-5215.000.001.ІІЗ	Арк
						13
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

сірчаної кислоти і її розведення, а звідси необхідність її упарювання, перекачування великих об'ємів і так далі [15]. Все це пов'язано з корозією апаратури і великими капітальними витратами на спорудження заводів.

1.3 Постановка задачі автоматизації у виробництві етанолу методом гідратації етилену

До головних задач автоматизації технологічного процесу виробництва етанолу методом гідратації етилену належать:

- Провести дослідження технології процесу виробництва етанолу методом гідратації етилену;
- Вибрати технологічний об'єкт керування та провести побудови його математичної моделі і провести побудови статичної та динамічної характеристик;
- Провести синтез системи керування холодильником (трубчастого теплообмінника), зробити налаштування для регулятора нашого апарату та отримати їх параметри;
- Подальшою задачею є розробка функціональної схеми автоматизації процесу виробництва етанолу методом гідратації етилену та вибрати для неї всі необхідні технічні засоби для її подальшої автоматизації.

					КР.ТВІІ-2.ЛА-5215.000.001.ІІЗ	Арк
						14
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

2. МАТЕМАТИЧНЕ ПРЕДСТАВЛЕННЯ МОДЕЛІ ХОЛОДИЛЬНИКА(ТРУБЧАТОГО ТЕПЛООБМІННИКУ)

2.1 Постанова задачі для моделювання холодильника (трубчатого теплообміннику)

У виробництві етилового спирту сірчаноокисотною гідратацією етилену важливу роль відіграє температура суміші етилсірчаної кислоти, диетилсульфату та сірчаної кислоти що виходить знизу реакційної колони. Її охолоджують до 50 °С холодною водою для якісного гідролізу.

Температура суміші не має перевищувати 50 °С. Охолодження відбувається одразу після реакційної колони холодною водою температурою 10 °С. З реакційної колони суміш виходить з температурою близько 80 °С.

Трубчатий-холодильник складається з металевого прямокутного зварного ящика (резервуара), заповненого проточною водою, і трубчастої поверхні охолодження.

Безперервно витікає маса реагенту, яка має приблизно такий склад (%): етилсульфат – 60-80, сірчана кислота – 10-30, диетилсульфат – 2-8, полімери – 1-7, вода й інші речовини - 2. Ця суміш охолоджується в холодильнику 4 й протікає в гідролізер (Гідроліз проводиться при 92 – 96 °С и 4,5 - 5 кгс/см²).

Для правильного функціонування процесу потрібно забезпечити контроль вхідних і вихідних параметрів. У теплообміннику присутні два входи та також два виходи. На перший вхід під тиском подається маса реагенту. На другий вхід – вода, що охолоджує його, який повертають на

					КР.ТВІІ-2.ЛА-5215.000.001.ІІЗ	Арк
						15
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

нашу холодильну установку. На виході ми отримуємо охолоджену масу реагенту, яка готова догідролізу та відпрацьовану воду [4, 10, 11].

Основною задачею буде необхідно побудувати структурно-параметричну схему об'єкта, розглянути тепловий баланс та розрахувати перехідну характеристику за каналом «витрата вода – вихідна температура маси реагенту» та налаштувати оптимально на наш процес.

2.2 Структурно-параметрична схема моделі холодильника (трубчастий теплообмінник)

Вхідними параметрами до холодильника є:

- витрата суміші, кг/с;
- витрата холодної води, кг/с;
- температура суміші, К;
- температура холодної води, К;
- питома теплоємність суміші, Дж/(кг · К);

Вихідними параметрами є:

- температура охолодженої суміші, К;
- витрата охолодженої суміші, кг/с;
- температура відпрацьованої води, К;
- витрата відпрацьованої води, кг/с.

					КР.ТВІІ-2.ЛА-5215.000.001.ПЗ	Арк
						16
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

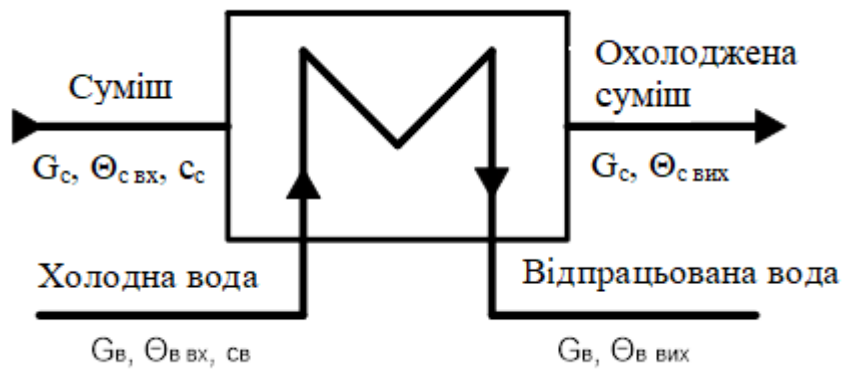


Рис. 2 Структурно параметрична схема холодильника

G_c – витрата суміші;

$\Theta_{c \text{ вх}}$ – температура суміші;

c_c – питома теплоємність суміші;

G_v – витрата води;

$\Theta_{в \text{ вх}}$ – температура відпрацьованої води;

c_v – питома теплоємність води;

$\Theta_{в \text{ вих}}$ – температура відпрацьованої води;

$\Theta_{c \text{ вих}}$ – температура охолодженої суміші.

Як видно зі структурно-параметричної схеми на виході змінюються лише температури речовин, так як масообмін відсутній. На температури охолодженої суміші та відпрацьованої води впливають їх витрати, вхідні температури та тепловіддача в оточуюче середовище.

Критерієм оптимального керування холодильником є мінімізація витрати води при підтриманні температури охолодженої суміші на заданому технологічному регламенті рівні та підтриманні витрати суміші на рівні відповідно до потреб реакційної колони. Підтримання температури охолодженої суміші на рівні заданим технологічним регламентом дозволить проводити якісний гідроліз і не допускати випарювання шкідливих речовин в робочу зону.

2.3 Моделювання статичного режиму роботи холодильника (трубчастого теплообмінника)

Теплообмінники, як і багато інших апаратів, описують аперіодичними ланками. Чим більше шляхів передачі тепла між ємностями, тим більшим буде порядок ланки. В даному випадку, оскільки ми нехтуємо стінками апарату, є лише дві ємності – вода та суміш. Отже, шлях передачі лише один і в результаті маємо отримати аперіодичну ланку першого порядку котра буде описувати цей теплообмінник за каналом витрата холодної води – температура охолодженої суміші.

Складемо тепловий баланс [2,3] для теплообмінника виходячи із структурно-параметричної схеми об'єкта

$$G_c \cdot c_c \cdot \Theta_{c\text{ ВХ}} + G_v \cdot c_v \cdot \Theta_{v\text{ ВХ}} = G_c \cdot c_c \cdot \Theta_{c\text{ ВИХ}} + G_v \cdot c_v \cdot \Theta_{v\text{ ВИХ}}$$

всі складові перелічені в пункті 2.

Виведемо рівняння статики для каналу «витрата води – температура охолодженої суміші»

$$\Theta_{c\text{ ВИХ}} = (G_c \cdot c_c \cdot \Theta_{c\text{ ВХ}} + G_v \cdot c_v \cdot \Theta_{v\text{ ВХ}} - G_v \cdot c_v \cdot \Theta_{v\text{ ВИХ}}) / (G_c \cdot c_c)$$

Згідно даних виробництва:

$$G_c = 0,452 \text{ кг/с}; c_c = 3,577 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{К)}; \Theta_{c\text{ ВХ}} = 353 \text{ К};$$

$$c_v = 4,183 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{К)}; \Theta_{v\text{ ВХ}} = 283 \text{ К}; \Theta_{v\text{ ВИХ}} = 323 \text{ К}.$$

Таким чином виведемо залежність вихідної температури охолодженої суміші від витрати холодної води.

$$\begin{aligned} \Theta_{c\text{ ВИХ}} &= \frac{0,452 \cdot 3,577 \cdot 353 + G_v \cdot 4,183 \cdot 283 - G_v \cdot 4,183 \cdot 323}{0,452 \cdot 3,577} \\ &= 103,49 G_v + 353 \end{aligned}$$

Побудуємо відповідну статичну характеристику для (1): $\Theta_{c\text{ ВИХ}} = f(G_v)$

					КР.ТВІІ-2.ЛА-5215.000.001.ІІЗ	Арк
						18
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

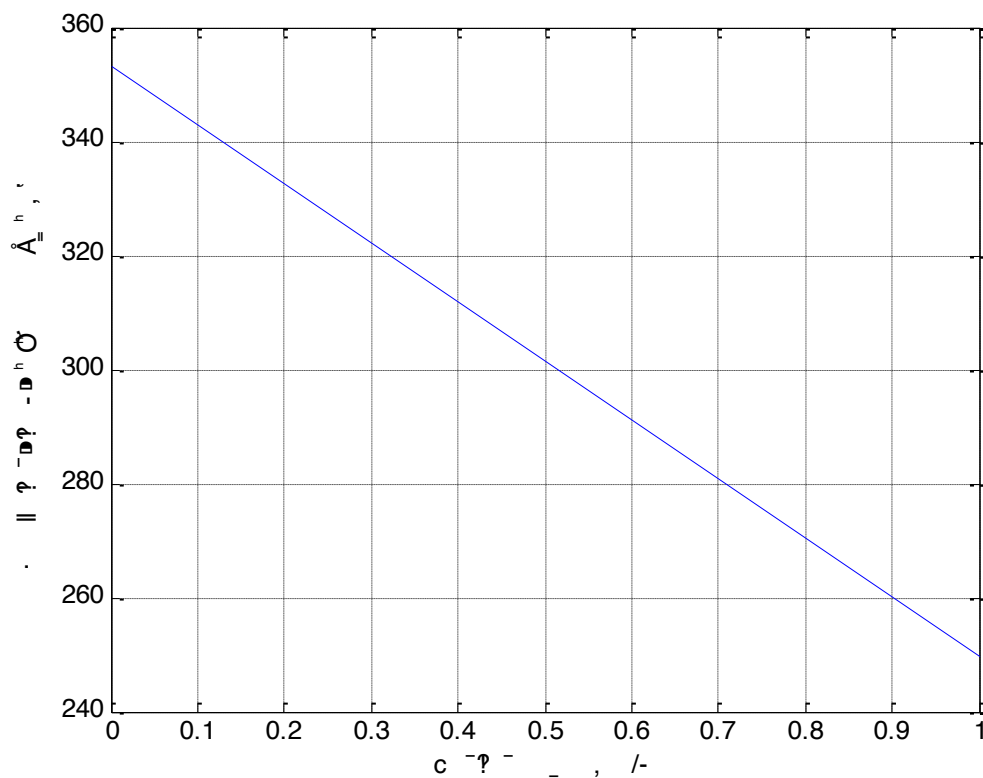


Рис. 1 Статична характеристика холодильника за каналом «витрата води – температура охолодженої суміші»

Слід зазначити, що значення температури на виході приводиться в кельвінах та зменшення витрати води, при зафіксованій витраті суміші, збільшує температуру на виході, так як апарату не достатньо води на охолодження.

2.4 Моделювання динамічного режиму роботи холодильника (трубчастого теплообмінника)

Рівняння динаміки для теплообмінника має вигляд:

$$G_c \cdot c_c \cdot \Theta_{c\text{ вх}} + G_b \cdot c_b \cdot \Theta_{b\text{ вх}} - G_c \cdot c_c \cdot \Theta_{c\text{ вих}} - G_b \cdot c_b \cdot \Theta_{b\text{ вих}} = c_c \cdot V \cdot \rho \cdot d\Theta_{c\text{ вих}}/dt \quad (2)$$

де V – об'єм суміші, що проходить через холодильник за визначений проміжок часу;

ρ – густина суміші.

$$V = 0,073 \text{ м}^3;$$

$$\rho = 1136 \text{ кг/м}^3.$$

Лінеаризація рівняння динаміки [4]

Вхід – G_B

Вихід – $\Theta_{H \text{ ВИХ}}$

Запишемо рівняння динаміки (2) в приростах:

$$\begin{aligned} G_C \cdot c_C \cdot \Theta_{C \text{ ВХ}} + \Delta G_B \cdot c_B \cdot \Theta_{B \text{ ВХ}} - G_C \cdot c_C \cdot \Delta \Theta_{C \text{ ВИХ}} - \Delta G_B \cdot c_B \cdot \Theta_{B \text{ ВИХ}} = \\ = c_C \cdot V \cdot \rho \cdot \frac{d\Delta \Theta_{C \text{ ВИХ}}}{dt} \end{aligned}$$

Запишемо вихідні параметри зліва, а вхідні справа:

$$\begin{aligned} G_C \cdot c_C \cdot \Delta \Theta_{C \text{ ВИХ}} + c_C \cdot V \cdot \rho \cdot \frac{d\Delta \Theta_{C \text{ ВИХ}}}{dt} = \\ = \Delta G_B \cdot c_B \cdot \Theta_{B \text{ ВХ}} - \Delta G_B \cdot c_B \cdot \Theta_{B \text{ ВИХ}} + G_C \cdot c_C \cdot \Theta_{C \text{ ВХ}} \quad (3) \end{aligned}$$

Перетворимо за Лапласом лінеаризоване рівняння (3):

$$\begin{aligned} G_C \cdot c_C \cdot \Theta_{C \text{ ВИХ}}(p) + c_C \cdot V \cdot \rho \cdot p \cdot \Theta_{C \text{ ВИХ}}(p) = \\ = G_B(p) \cdot c_B \cdot \Theta_{B \text{ ВХ}} - G_B(p) \cdot c_B \cdot \Theta_{B \text{ ВИХ}} + G_C \cdot c_C \cdot \Theta_{C \text{ ВХ}}/p \\ \Theta_{C \text{ ВИХ}}(p) \cdot (T \cdot p + 1) = G_B(p) \cdot k + a/p \end{aligned}$$

$$T = \frac{V \cdot \rho}{G_C} = \frac{0,073 \cdot 1136}{0,452} = 183,47$$

$$k = \frac{c_B \cdot (\Theta_{B \text{ ВХ}} - \Theta_{B \text{ ВИХ}})}{G_C \cdot c_C} = \frac{4,183 \cdot (283 - 323)}{0,452 \cdot 3,577} = -103,49$$

$$a = \Theta_{C \text{ ВХ}} = 353 \text{ К}$$

Передатна функція за каналом «завдання - вихід» (витрата гарячої води – температура підігрітої сировини) має вигляд :

$$W_{G_B - \Theta_{H \text{ ВИХ}}}(p) = k/(T \cdot p + 1)$$

					КР.ТВІІ-2.ЛА-5215.000.001.ІІЗ	Арк
						20
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

або

$$W_{G_B-\theta_{с\text{ вих}}}(p) = -103,49/(183,47 \cdot p + 1)$$

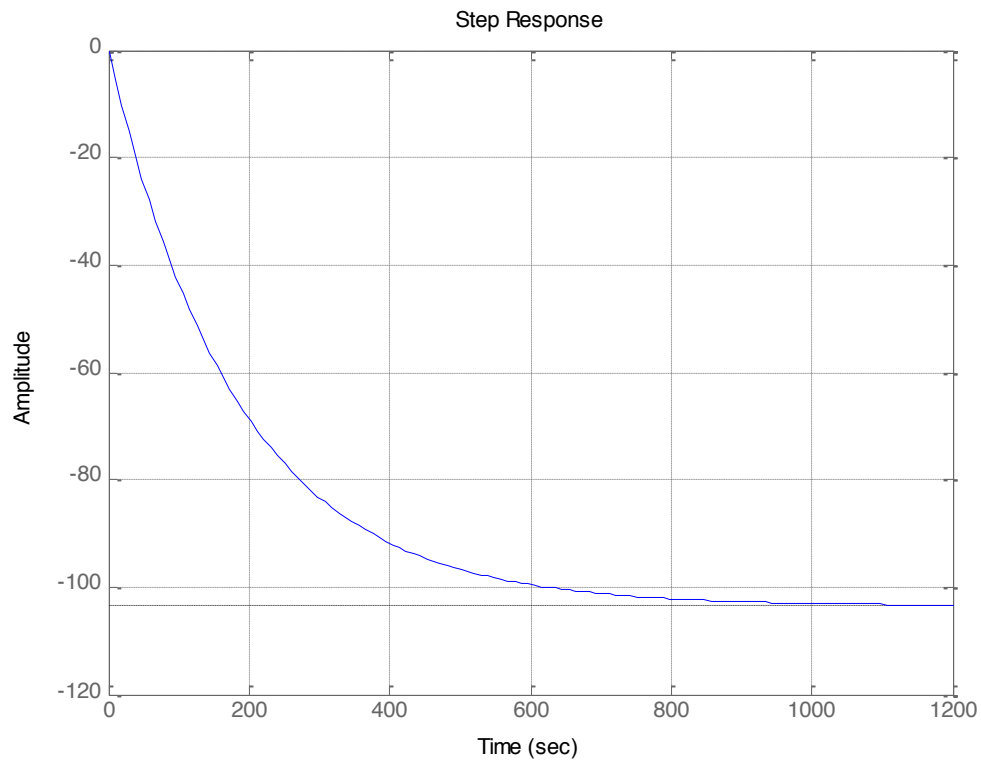


Рис. 2 Динамічна характеристика холодильника за каналом «витрата води – температура охолодженої нітрози»

Спростувати (апроксимувати) отриману передатну функцію аперіодичною ланкою другого порядку немає сенсу, так як отримана ланка, як і прогнозувалось, являє собою аперіодичну першого порядку.

3. СИНТЕЗ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ХОЛОДИЛЬНИКОМ

3.1 Підготовка до синтезу системи керування холодильника (трубчастого теплообмінника)

Для того щоб синтезувати нашу модель нам спочатку потрібно розуміти, що таке синтез. Синтез – це створення нової системи за її характеристикою раціональних та оптимальних показників та параметрів. Головною метою являється створення нового апарату на основі наукових досягнень науки або техніки чи покращення вже існуючих апаратів, які проаналізувавши можна знайти деякі недоліки або взявши апарати для інших цілей та адаптувати його.

Синтезувати ми будемо нашу модель – холодильник(трубчастий теплообмінник). Головна наша ціль модернізувати холодильник, налаштувати регулятор та отримати більш модернізований холодильник з кращими показниками.

Треба розглянути функціональну схему автоматизації холодильника (трубчастого теплообмінника) для кращого розуміння процесу.

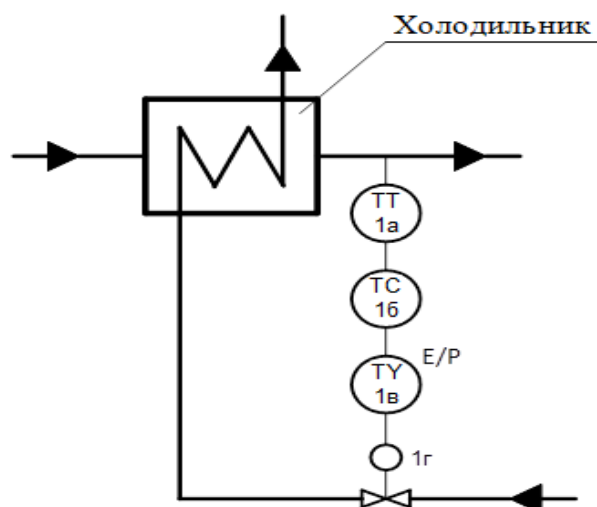


Рис. 5 функціональна схема автоматизації

					КР.ТВІІ-2.ЛА-5215.000.001.ІІЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		22

Двома вихідними параметрами, що важливі з точки зору технології, є витрата та температура суміші. Керування витратою відноситься до системи керування попереднім апаратом, тому в даній роботі розглядатись не буде. Лишається одна вихідна величина – температура. Керувати нею можна двома способами – за допомогою зміни витрати холодної води та її температури. Так як змінювати температуру холодної води недоцільно (бо для цього треба б було встановлювати додатковий теплообмінник, що значно знизило б ККД), то лишається один вхід, за допомогою регулювання якого доцільно керувати температурою суміші – витрата води.

Отже головним контуром керування буде керування температури охолодженої суміші за допомогою регулювання витрати води.

Наша головна ціль отримати холодильник (трубчастого теплообмінника) з великим ККД, для цього нам треба змодельовати модель нашого теплообмінника. Так як ми вже змодельовали модель нашого холодильнику в минулих пунктах, то зараз ми будемо налаштовувати наш регулятор [2, 3, 5].

Також підготуємо для всіх налаштувань наші додатки, які ми будемо використовувати в наших дослідженнях:

3.2 Синтез системи керування холодильника (трубчастого теплообмінника) налаштування регулятора

Для налаштування ПІ-регулятора методом М-кола використаємо розроблену раніше в середовищі MATLAB програму, код якої наведено в додатку А. В результаті її виконання буде створено АФХ розімкненої системи і М-коло, коефіцієнти регулятора треба підбирати вручну.

					КР.ТВИІ-2.ЛА-5215.000.001.ПЗ	Арк
						23
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Так як коливання сильно скажуться на якості гідролізу, то будемо налаштовувати регулятори на ступінь коливності $M=1,1$.

В результаті виконання програми для ПІ-регулятора було отримано наступний рисунок.

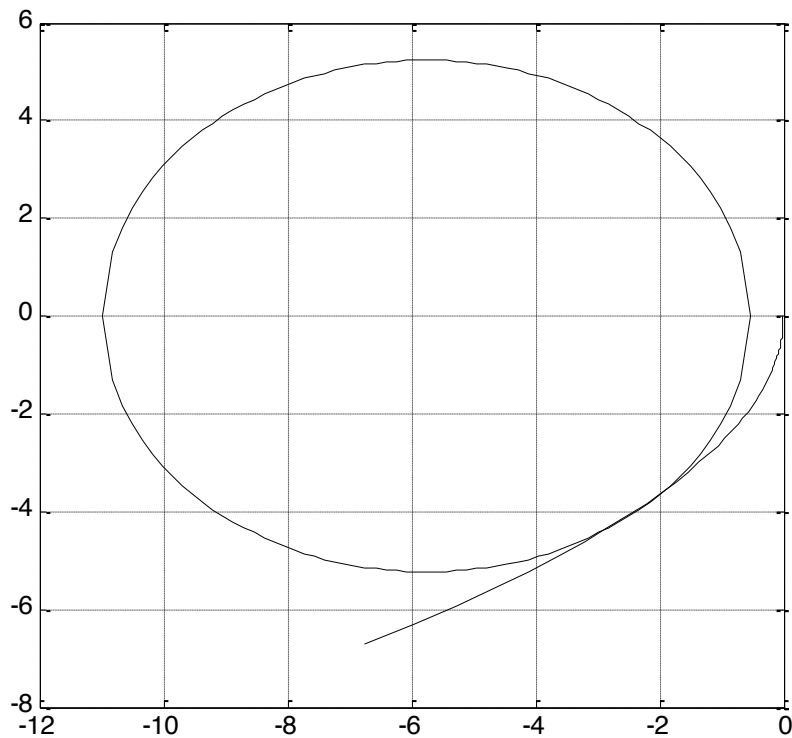


Рис.5 Налаштування ПІ-регулятора методом М-кола

Отже при коефіцієнтах регулятора $T_{in} = -10,8$ та $K_p = -0,1$ система має ступінь коливності $M=1,1$.

Налаштувати дану систему з ПІ-регулятором методом М-кола неможливо через те, що об'єкт представляє собою аперіодичну ланку першого порядку через що розімкнена система також являє собою ту ж ланку тільки з іншим коефіцієнтом посилення, а, як відомо, АФХ такої ланки являє собою півколо у четвертому квадранті, отже торкнутись М-кола при $M>1$ воно не може.

Метод Циглера-Нікельса полягає у розрахунку коефіцієнтів регулятора за наступними формулами (у різних джерелах коефіцієнти відрізняються, але суть та ж сама):

$$Kp = 0.6 * Ku$$

$$Ki = 2 * \frac{Kp}{Tu}$$

$$Kd = Kp * \frac{Tu}{8}$$

де Ku – коефіцієнт П-регулятора, при якому в перехідній характеристиці системи з'являються автоколивання;

Tu – час ізодрому по каналу завдання - вихід.

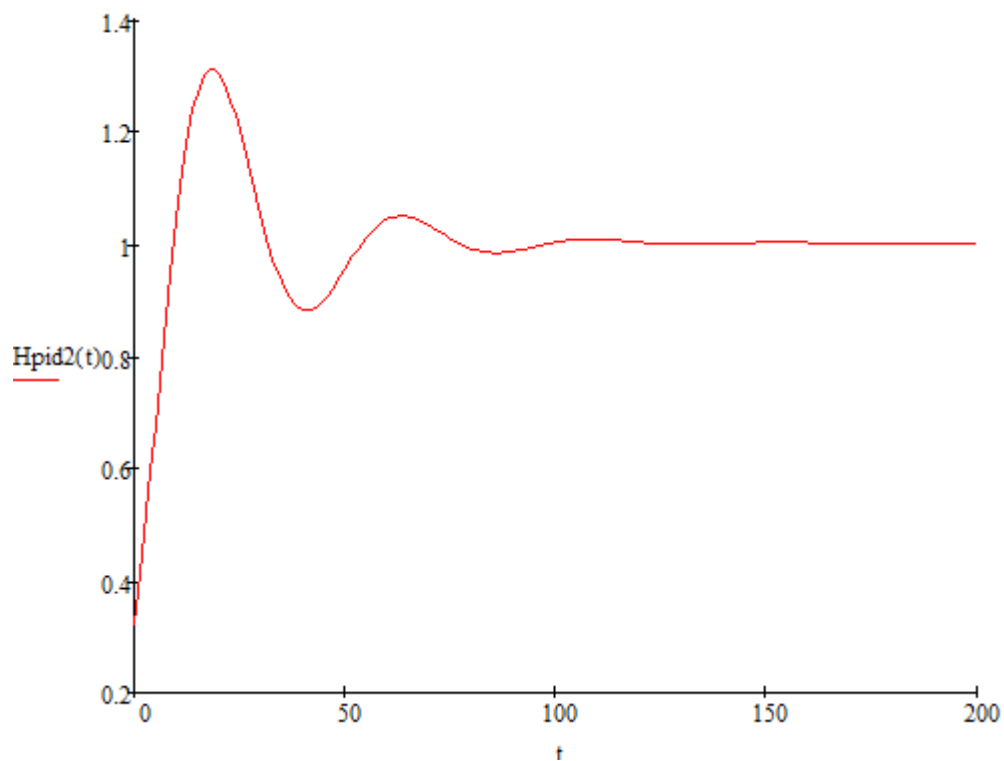


Рис.6 Перехідний процес замкнутої одно контурної системи по каналу завдання-вихід

Проте цей метод не вийде використати для аперіодичної ланки якщо в системі немає запізнення, адже в такому випадку будуть відсутні коливання при використанні лише П-регулятора (що є першим кроком цього методу) [1, 4].

3.3 Дослідження системи на стійкість систему керування

Найпростіший спосіб дослідження системи на стійкість за наявності її передатної функції – по розташуванню її полюсів на комплексній площині.

Для того щоб неперервна система була стійка необхідно щоб всі її полюси мали від’ємну дійсну частину.

Щоб перевірити це розглянемо передатну функцію системи:

$$W_c(p) = W_o(p) * W_r(p) / (1 + W_o(p) * W_r(p))$$

$$W_o(p) = - \frac{103,49}{183,47 \cdot p + 1}$$

$$W_r(p) = \frac{Kp * Tin * p + 1}{Tin * p} = \frac{-0,1 * (-10,8) * p + 1}{-10,8 * p} = \frac{-1,08 * p - 1}{0,1 * p}$$

отже

$$W_c(p) = \frac{6,092(p + 0,9259)}{(p + 1,127)(p + 4,96)}$$

З полінома знаменника знаходимо полюса:

$$p_1 = -1,127$$

$$p_2 = -4,96$$

Так як їх дійсні частини від’ємні, то система стійка.

					КР.ТВІІ-2.ЛА-5215.000.001.ІІЗ	Арк
						26
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Також перевіримо систему на стійкість за критерієм Гурвиця. Для цього використаємо написану раніше в середовищі MATLAB програму, код якої наведено в додатку Б. Вона повністю автоматична, достатньо просто дати вхідні значення. За критерієм Гурвиця для стійкості системи необхідно і достатньо щоб визначники всіх діагональних мінорів матриці Гурвиця (що складається з коефіцієнтів характеристичного рівняння системи) були додатні.

Результат виконання даної програми:

«Система стійка за критерієм Гурвиця, так як всі визначники Гурвиця додатні.»

					КР.ТВІІ-2.ЛА-5215.000.001.ПЗ	Арк
						27
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

4. ОПИС ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА ЕТАНОЛУ МЕТОДОМ ГІДРАТАЦІЇ ЕТИЛЕНУ

4.1 Опис функціональної схеми автоматизації виробництва етанолу методом гідратації етилену контури приладів з 1 по 10

Дуже важливою частиною є наша функціональна схема автоматизації. Для того щоб зрозуміти наш процес треба розібратися, як проходять усі процеси по виробництву етанолу методом гідратації етилену. Для початку розглянемо першу частину з десяти приладів.

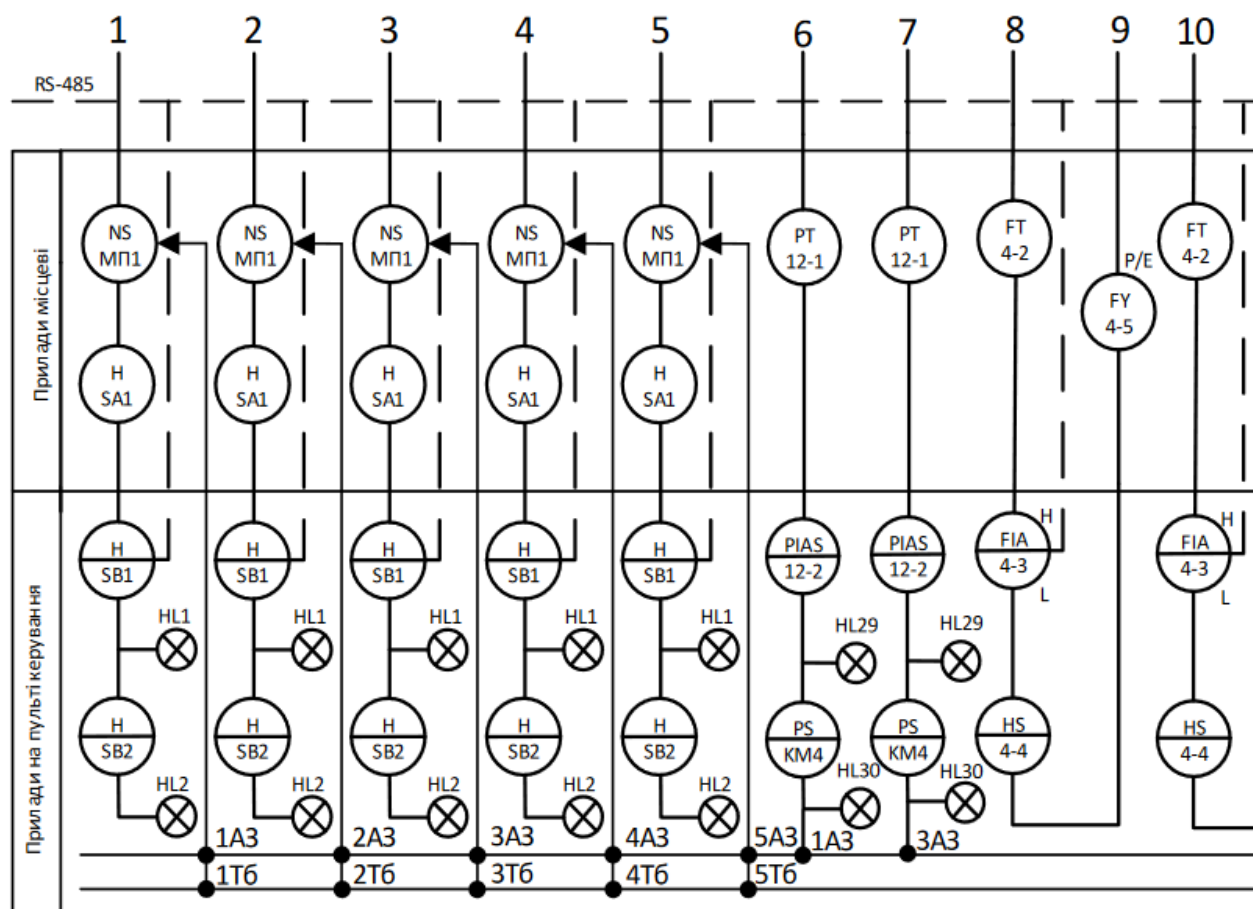


Рис. 7 Прилади контуру 1-10 нашого процесу, які відповідають за автоматизацію

Першим ділом в наш компресор [1] надходить газоподібна етан етиленових фракція, яка містить 30 - 50% етилену через яку далі речовина має потрапити в реакційну колону [3] в яку треба ще подавати сірчану кислоту [15]. Сірчаною кислотою ми збризкуємо наші 25 тарілок, що знаходяться в нашій реакційній колоні. Газ по троху барботує на тарілках через невелику кількість рідини, де маємо реакцію поглинання етилену. Для того щоб відвести тепло від нашої колони на кожній тарілці встановлено охолодження. В колонні обов'язково потрібно підтримувати температуру в 65 – 75 градусів по Цельсію та мати тиск в 25 кілограм на сантиметр квадратний. Газ який ми отримали покидає нашу колону та містить 2 – 6 % етилену після чого попадає в скруббер [8] і [9], де збризкується водою і розчином їдкого натрію для відмивання від сірчаної кислоти і її нейтралізації. Відмитий газ (етан) ми направляємо на піроліз.

Для поділу газу піролізу застосовують такі методи.

1. конденсаційно-ректифікаційної метод (низькотемпературна ректифікація), коли поділ газової суміші - деметанізація, виділення і поділ етан-етиленової фракції - досягається конденсацією з подальшою ректифікацією під тиском із застосуванням аміачного, метанового, етилену (або пропанового) холодильних циклів.
2. абсорбційної-ректифікаційної метод, при якому всі компоненти важче метану витягують з газу абсорбцією при низьких температурах і потім виділяють низькотемпературної ректифікації.

Обидва методи вимагають витрат холоду і застосування спеціальних

					КР.ТВІІ-2.ЛА-5215.000.001.ПЗ	Арк
						29
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Хладогенти, оскільки критична температура етилену дорівнює $+9,7^{\circ}\text{C}$ і зрідження його водою неможливо.

Необхідно відзначити, що при конденсаційно-ректифікаційної методі основні витрати припадають на створення низьких температур. У зв'язку з цим велике значення має ефективність і економічність застосовуваних холодильних циклів.

Поділ газу піролізу може здійснюватися при низькому або при високому тиску. При поділі при низькому тиску (температура нижче -120°C , тиск $1,3 - 2 \text{ кгс / см}^2$) розширюється інтервал температур кипіння поділюваних вуглеводнів і збільшується їх відносна летючість. Крива рівноваги фаз стає крутіше, внаслідок чого для поділу потрібно менше тарілок, флегмовое число знижується, а чіткість поділу може бути дуже високою. З підвищенням тиску крива рівноваги фаз стає більш пологою - збільшується число тарілок і флегмовое число [15]. Однак для створення низьких температур, необхідних для поділу при низькому тиску, доводиться застосовувати поряд з аміачним і пропанових також метановий холодильний цикл. Це вимагає більш складного обладнання і менш економічно, ніж етиленовий холодильний цикл, який застосовується при високому тиску. Разом з тим, хоча на установках газорозділення при низькому тиску виходить дуже чистий етилен, вони малопродуктивні і дуже чутливі до зміни складу газу. Крім того, їх значно важче автоматизувати, ніж установки високого тиску.

З нижньої частини нашої реакційної колони [3] виходить реакційна маса, яка в собі містить (%): Етілсульфат - 60-80, сірчана кислота - 10-30, діетилсульфат - 2-8, полімери - 1-7, вода та інші домішки. Після чого ця маса направляється в холодильник [4] і там охолоджується. Після охолодження реакційна маса потрапляє в гідролізер [5], куди поступає вода і проводиться гідроліз при температурі в $92 - 96$ градусів по Цельсію та с тиском в $4,5 - 5$

					КР.ТВІІ-2.ЛА-5215.000.001.ІІЗ	Арк
						30
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

кгс/см². Потім з нижньої частини апарату гідролізу реакційна маса поступає до відпареної колони. Туди поступає гостра пара і підтримується температура в 125 ° С в нижній частині колони, а в верхній в 110 ° С та тиск в 0,5 кгс/см². З нижньої частини колони 7 відводиться 45 - 47% сірчана кислота, яка надходить на відпарювання до 90% концентрації.

Зрозумівши краще процес можна пояснити тепер схему автоматизації та краще розуміти що за параметри ми контролюємо в нашому процесі та автоматизуємо їх.

Першим являється компресор [1] яким ми подаємо етан, в ньому ми можемо контролювати тиск подачі і цим маємо можливість вирішити, яка кількість буде поступати в нашу реакційну колону. Ми її можемо контролювати. Другим є також компресор який має відведення з сепаратору [2] ми маємо можливість також контролювати швидкість подачі. Компресор під номером 3 має такі самі зміні параметри, як і два перших, але він подає сірчану кислоту в реакційну колону [3]. Четвертий знаходиться між скруббером [8] і водоструминним насосом [6] він має також змінний параметри швидкості подачі з скрубера. В п'ятому контролюється подача лугів в скруббер [9] в усіх цих компресорів ми можемо контролювати швидкість подачі для покращення процесу.

В шостому приладу, який встановлений в компресорі повинен вимірювати тиск та температуру речовини для подальшої її подачі. Сьомий робить усе теж саме, але для подачі сірчаної кислоти. Восьмий контур знаходиться на компресорі його призначення вимірювати витрату етан етиленової фракцій, яка містить 30 - 50% етилену та на цьому приладі ми маємо сигналізацію та дев'ятий працюють в зв'язці, він теж вимірює витрату та він має основу задачу давати вихідний сигнал для зупинки подачі [12, 13, 14]. Десятий має таку саму функцію, що й восьмий, але він знаходиться на компресорі що подає нашу сірчану кислоту.

					КР.ТВІІ-2.ЛА-5215.000.001.ІІЗ	Арк
						31
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2 Опис функціональної схеми автоматизації виробництва етанолу методом гідратації етилену контури приладів з 11 по 20

Розглянемо ще 9 приладів які відповідають за автоматизацію нашого процесу.

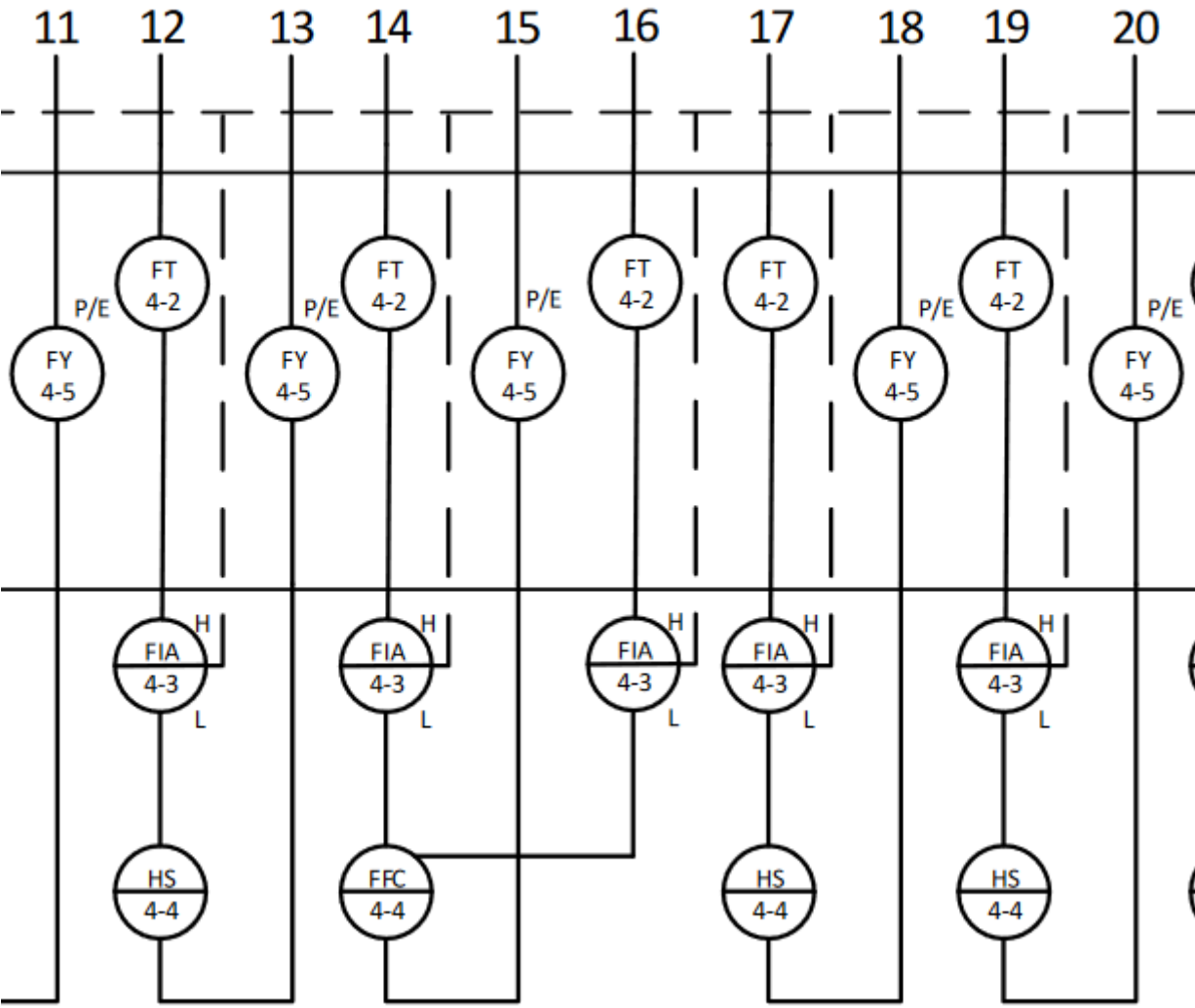


Рис. 8 Прилади контуру 11-20 нашого процесу, які відповідають за автоматизацію

Одинадцятий контур є основним до десятого він відповідає за вихідний сигнал витрати і контролю його. Дванадцятий контур контролює витрату та температуру з сепаратору [2] має сигналізацію та тринадцятий контур робить вихідний сигнал. Чотирнадцятий контур з п'ятнадцятим та шістнадцятим поєднанні між собою. Вони стоять на виході з реакційної колони [3], де виходять пари етану , чотирнадцятий відповідає за витрату та температуру в трубі має сигналізацію. П'ятнадцятий відповідає за вихідний сигнал та Шістнадцятий клапан який вимірює в реакційній колоні витрату з температурою та також має сигналізацію. Сімнадцятий та вісімнадцятий з'єднані між собою знаходяться в трубі між холодильником [4] та апарату гідролізу [5]. За температуру та витрату відповідає під номером сімнадцять також містить сигналізацію, а за вихідний сигнал відповідає вісімнадцятий. Дев'ятнадцятий та двадцятий з'єднані між собою. Знаходяться вони скрубєром [8] і водоструминним насосом [6], де дев'ятнадцятий вимірює витрату з температурою та має сигналізацію, а двадцятий дає вихідний сигнал на витрату.

4.3 Опис функціональної схеми автоматизації виробництва етанолу методом гідратації етилену контури приладів з 21 по 30

Усі наші використовувані прилади є дуже важливими, без них наше виробництво може прийти в аварійну ситуацію або вивести якийсь з апаратів з ладу. Тому треба контролювати дуже чітко усі процеси, які в нас проходять, щоб не постраждали люди чи наші апарати.

					КР.ТВІІ-2.ЛА-5215.000.001.ІІЗ	Арк
						33
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

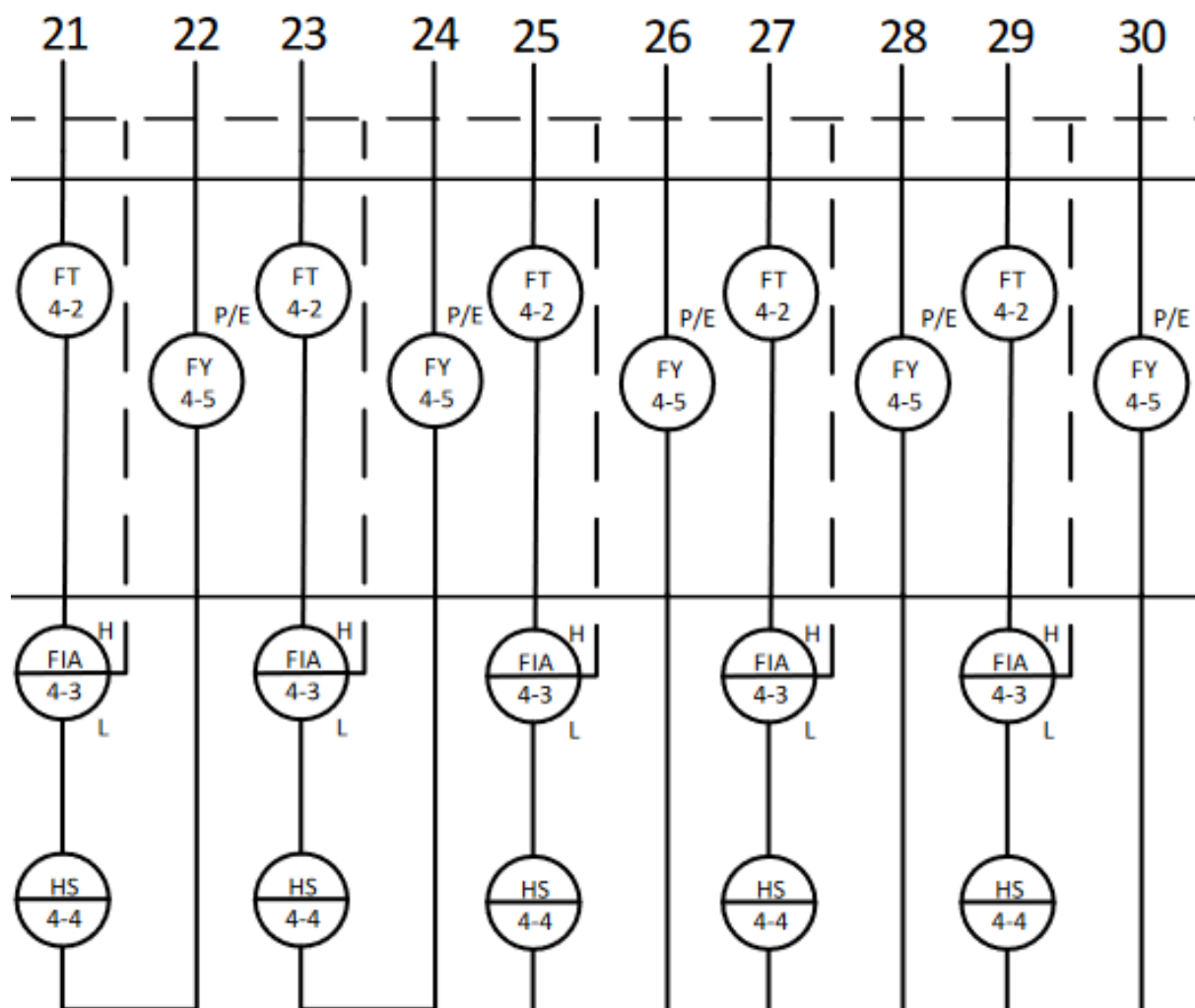


Рис. 9 Прилади контуру 21-30 нашого процесу, які відповідають за автоматизацію

Двадцять перший і двадцять другий з'єднані між собою, знаходяться вони в трубі між апаратом гідролізу [5] й відпареною колоною [7]. Двадцять перший контур вимірює витрату та температуру має сигналізацію. Двадцять другий дає вихідний сигнал для обробки даних. Двадцять третій з двадцять четвертим так як і двадцять перший з другим працюють в парі на трубі між відпареною колоною [7] й нейтралізаційною відпареною колоною [13]. Де контур двадцять третій має функцію вимірювати витрату з температурою також має сигналізацію. Двадцять четвертий дає вихідний сигнал для обробки даних. Двадцять п'ятий з двадцять шостим знаходяться на трубі що

розташована на трубі що подає луг в скруббер [9]. Двадцять п'ятий використовується в процесі для того щоб слідкувати за витратою і температурою, має сигналізацію. Двадцять шостий має виконувати функцію для того щоб робити вихідний сигнал на витрату. Двадцять сьомий працює з двадцять восьмим та знаходяться вони нейтралізаційною відпареною колоною [13] й холодильником [12]. Головною цілю двадцять сьомого є вимір витрати й температури, має сигналізацію. Двадцять восьмий генерує вихідний сигнал витрати. Двадцять дев'ятий з тридцятим працюють разом й знаходяться на трубі що подає воду в скруббер [11]. Двадцять дев'ятий вимірює витрату з температурою, має сигналізацію. Тридцятий робить вихідний сигнал для подальшої її обробки.

					КР.ТВІІ-2.ЛА-5215.000.001.ІЗ	Арк
						35
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

5. 3D ПРИНТЕР ПОВНА СБОРКА МЕХАНІЧНОЇ ТА ЕЛЕКТРОНОЇ ЧАСТИНИ(PRUSA I3)

5.1 3D принтер заходи безпеки

3Д принтер в наш час являється незамінним засобом, як і в повсякденному житті так і в промисловій зоні. Завдяки цій машині ми можемо моделювати об'єкти і деталі, які не можливо десь купити. Дуже гарним прикладом являється поломка якогось за станків чи речей, які використовуються в виробництві. Завдяки принтеру можна змоделювати деталь, що зламалася та надрукувати її, замінити та далі користуватися вже повністю робочою деталлю. Можна змоделювати наприклад апарат, який ми розглядаємо для автоматизації процесу й розглянути його фізичну модель апарату.

Зрозумівши всі мінусу й плюси об'єкта зробивши пару експериментів та врахувати корпус об'єкта, можна зробити деякі висновки в автоматизації та поліпшення в процесі. Для створення буде використовуватись пластмаса типу PLA, ABS. Це дуже вигідно для досліджень, заміни деталей. Для цього всього потрібно лише використовувати стаціонарний комп'ютер, дві програми, пластик і сам 3Д принтер. Перед самим використанням та побудовою треба ознайомитись з технікою безпеки при використанні принтеру.

Це основні поняття про безпеку при використанні 3д принтеру.

- Використовуйте 3D-принтер виключно відповідно до даної інструкції.
- Використовуйте 3D-принтер тільки в стандартних мережах змінного струму 220В з розетками з заземленням.

					КР.ТВІІ-2.ЛА-5215.000.001.ІІЗ	Арк
						36
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

- Якщо використовується подовжувач, переконайтеся, що його розетка двополюсна 10А з заземлюючим проводом.
- Дуже рекомендується підключати Prusaі3 UАк мережі змінного струму через блок безперебійного живлення, так як при скачках напруги запущена друк може перерватися без можливості її продовження. В іншому випадку електроніка 3D принтера буде пошкоджена.
- Не використовуйте принтер з пошкодженим кабелем живлення.
- При роботі з 3D-друк необхідно дотримуватися державних стандартів з охорони та безпеки праці, установлених для даного пристрою.
- Робота принтера пов'язана з високими температурами, в принтері задіяні переміщаються і обертові механізми, тому не допускається самостійне використання пристрою неповнолітніми.
- 3D-принтер є тяжким високотехнологічним пристроєм, саме тому його використання заборонено некваліфікованими людьми.
- Принтер повинен стояти на рівній стійкій поверхні, далеко від легкозаймистих речовин, відкритого вогню, джерел води, зволожувачів і т.п.
- Не зберігайте і не використовуйте 3D-принтер в брудному і хімічно агресивному середовищі.
- Не підставляйте принтер під вплив сильних магнітних або електричних полів.
- Не використовуйте контур під відкритим небом.
- Не притискайте принтер з передньої або задньої сторони до стіни, предметів або будь-яким іншим поверхням, так як платформа принтера при друці виходить за передні і задні межі нижньої панелі.

					КР.ТВІІ-2.ЛА-5215.000.001.ІІЗ	Арк
						37
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

- Не наближайте до принтера з довгими полами одягу, довгим розпущеним волоссям, навушниками та іншими вільно звисаючими предметами щоб уникнути їх потрапляння в рухомі і обертові елементи принтера.
- Забороняється ставити на поверхню і всередину 3D-принтера будь-які сторонні предмети.
- Не торкайтеся до принтера під час друку, а також при нагрітому екструдері і друкує платформі щоб уникнути опіків і пошкоджень шкіри. Друкує стіл під час друку може досягати температури 150 ° С, екструдер (друкуюча головка) - 300 ° С, а швидкість переміщення друкуючої головки -150 мм / сек.
- Прі включеному харчуванні забороняється витягувати кабель живлення з принтера або розетки. Попередньо вимкніть живлення перемикачем на задній панелі пристрою.
- Не торкайтеся рухомих частин вентиляторів принтера, щоб уникнути фізичних травм і пошкоджень механізмів пристрою.
- Забороняється нагрівати екструдер понад 245 ° С, платформу понад 100 ° С.
- Забороняється витягувати будь-які проводи і датчики принтера.
- Ремонт електричного обладнання повинен здійснюватися фахівцем в уповноваженому сервісному центрі. Ремонт, виконаний неналежним чином, може привести до серйозних наслідків.

5.2 Знайомство з 3D принтером, опис його характеристик та побудова механічної частини

Основні параметри:

					КР.ТВІІ-2.ЛА-5215.000.001.ІІЗ	Арк
						38
Зм	Арк	№ док.ум.	Підпис	Дата		

- Технологія друку: FDM (Fused Deposition Modeling)
- Область друку: 200x200x220 мм
- Висота шару: 50 мкм
- Скорість друку: рекомендована 50 мм / с, максимальна рекомендована 120 мм / с
- Матеріал який можна використовувати: ABS, PLA, HIPS , FLEX, PVA (діаметр нитки 1,75мм)
- Платформа що нагрівається: максимальна температура 120 ° C

Електроніка:

- Arduino mega 2560
- RAMPS 1.4
- LCD дисплей з SD -картридером і кнопкою управління.
- Блок харчування 350 Вт, 12 В
- Стіл що нагрівається MK2A

Програмне забезпечення:

- Repetier-Host, Slic3r, Cura
- Прошивка: Marlin
- Можна використовувати з ОС: Windows, Mac OS, Linux

Параметри екструдера:

- Діаметр сопла: 0,4 мм (можливість установки сопла 0,2-0,5мм)
- Діаметр нитки: 1,75мм

					КР.ТВІІ-2.ЛА-5215.000.001.ПЗ	Арк
						39
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

- Кількість головок: 1

Комплектація Prusa i3 Steel

Назва	Кількість	Примітка
Електроніка		
Arduino Mega 2560 R3	1	
Ramps 1.4	1	
LCD дисплей	1	з SD-кардрідером
USB кабель	1	
драйвер шагового двигуну A4988	5	з радіаторами
шаговий двигун Nema 17	4	з конекторами
екструдер в збірці	1	
механічний кінцевий вимикач	3	з конекторами
блок живлення	1	
нагрівальний стіл MK2	1	
NTC термистор 100 кОм 3950	1	
вентилятор - обдув Hot- End 30x30	1	
вентилятор - обдув плат 40x40	1	
проводи "тато-мама"	20	
кабель живлення 220В	1	
роз'єм живлення з кнопкою	1	
Механіка		
комплект корпусних деталей	1	сталь 3мм
комплект полірованих валів	6	L=370x2, 420x2, 395x2

ходовий гвинт осі Z	2	
набір гайок, шайб та гвинтів		
пружинки для столу	4	
з'єднувальна муфта 5x5 мм	2	
лінійний підшипник lm8uu	11	
підшипник 608ZZ	2	
зубчастий ремінь GT-2	2	
зубчастий шків GT-2	2	16 зубців
обшивка для проводів	2	
дзеркало для нагрівального столу	1	

Збірка механічної частини

Складання каркасу

Вставляємо в раму бічні косинки, фіксуємо їх гвинтами M3x12.

Зверніть увагу! Отвір в рамі, під кнопку управління на дисплеї, має перебувати в правій частині (якщо дивитися на раму спереду).



Збираємо задню стінку з кронштейном під двигун.

Зверніть увагу! Різьбові заклепки (для гвинтів фіксуючої пластини валів) повинні бути звернені всередину рами.



Спочатку вставляємо 2 деталі для кріплення двигуна в пази по центру стінки, фіксуємо їх гвинтами М3х12, між ними вставляємо пластикову проставку.

					КР.ТВІІ-2.ЛА-5215.000.001.ІІЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		42

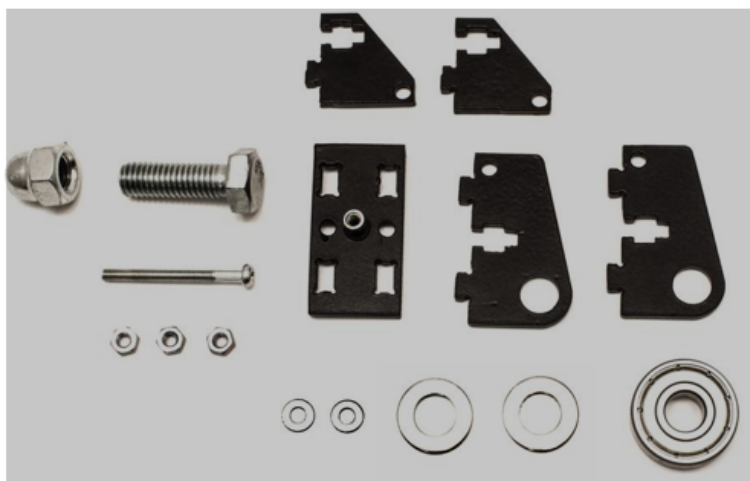


Задню стінку в зібраному вигляді закріплюємо на корпусі гвинтами М3х12. Відразу ж доцільно закріпити ребра жорсткості гвинтами М3х12, поки не встановили передню стінку.



Приступаємо до установки передньої стінки з натягувачем ременя. Зверніть увагу! Різьбові заклепки (для гвинтів фіксує пластини валів) повинні бути звернені всередину рами.

					КР.ТВІІ-2.ЛА-5215.000.001.ІІЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		43



При збірці використовуємо гвинти М3х12 і один гвинт М3х35, підшипник 608zz дистанціонуємо шайбами М8, вставляємо болт М8х25 і фіксуємо ковпачковою гайкою.

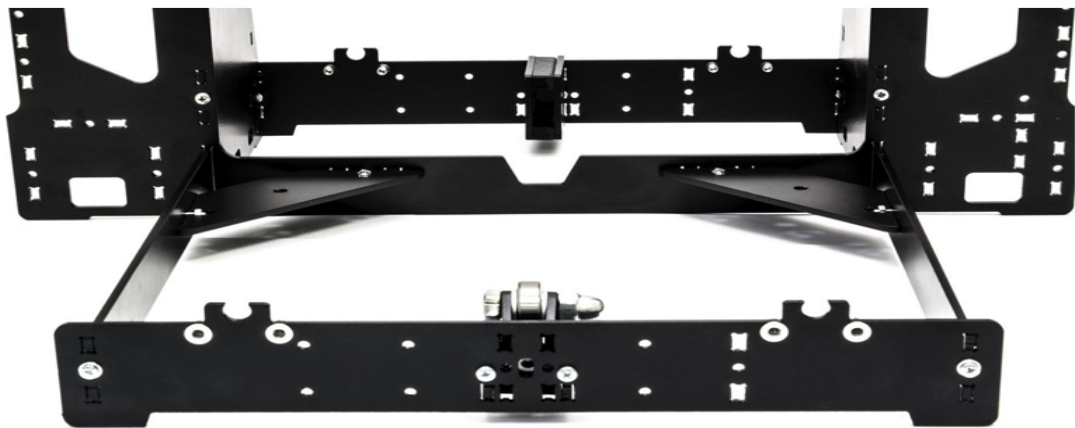


Кріпимо натягувач до передньої стінки гвинтами М3х12.

					КР.ТВІІ-2.ЛА-5215.000.001.ІІЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		44



Встановлюємо передню стінку з натягувачем ремня на корпус і фіксуємо гвинтами М3х12.



Збираємо і встановлюємо кріплення для двигунів осі Z.



При збірці слід звернути увагу: отвори для валів в лівому і правому тримачі повинні перебувати в протилежних сторонах.

					КР.ТВІІ-2.ЛА-5215.000.001.ІІЗ	Арк
						45
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		



Кріпимо тримачі двигунів на корпусі гвинтами М3х12.



Приймаємо до збірки та встановлення торцевих опор верхньої частини.
Вставляємо підшипник 625z для ходового гвинта в отвір і фіксуємо його гвинтом М3х6.



					КР.ТВІІ-2.ЛА-5215.000.001.ІІЗ	Арк
						46
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

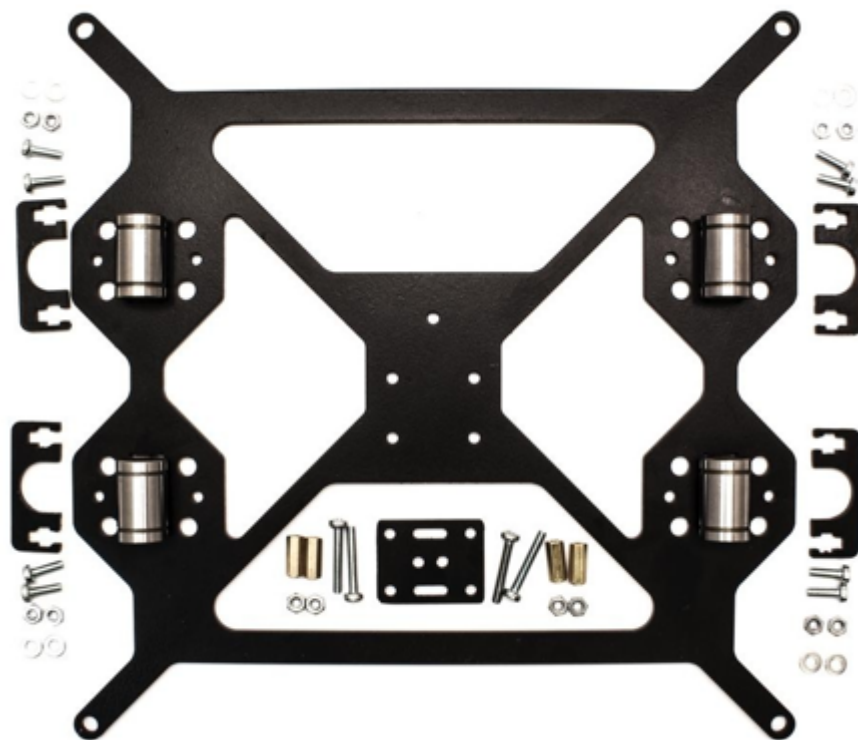
Кріпимо торцеві пластини на верхній частині корпусу гвинтами М3х12.



1.2 Збірка каретки для нагрівальної платформи

Встановлюємо підшипники LM8uu в пази на каретки та фіксуємо їх притискними пластинами. Пластини рівномірно затягуємо гвинтами М3х12. Для дотримання співвісності підшипників рекомендується спочатку вставити вал і тільки потім рівномірно затягувати гвинти.

					КР.ТВІІ-2.ЛА-5215.000.001.ІІЗ	Арк
						47
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		



Для кріплення фіксатора ременя використовуємо гвинти М3х20 і шестигранні стійки. Спочатку вставляємо гвинти М3х20, потім накручуємо стійки, вставляємо пластину для фіксації ременя і закручуємо гайки М3.



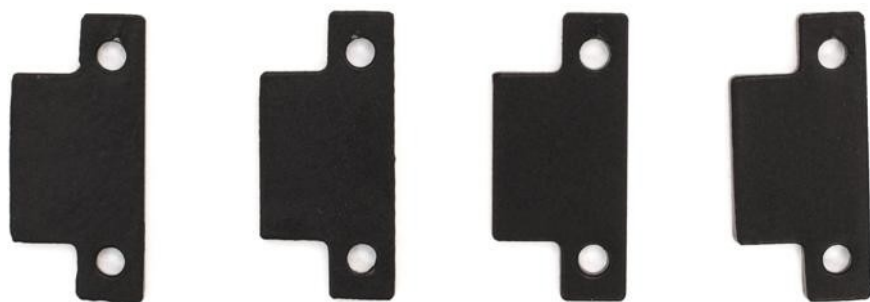
					КР.ТВІІ-2.ЛА-5215.000.001.ІІЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		48

Далі вставляємо вали ($L = 395$) в передню стінку корпусу, одягаємо на них каретку для столика і просовуємо до кінця в задню стінку.

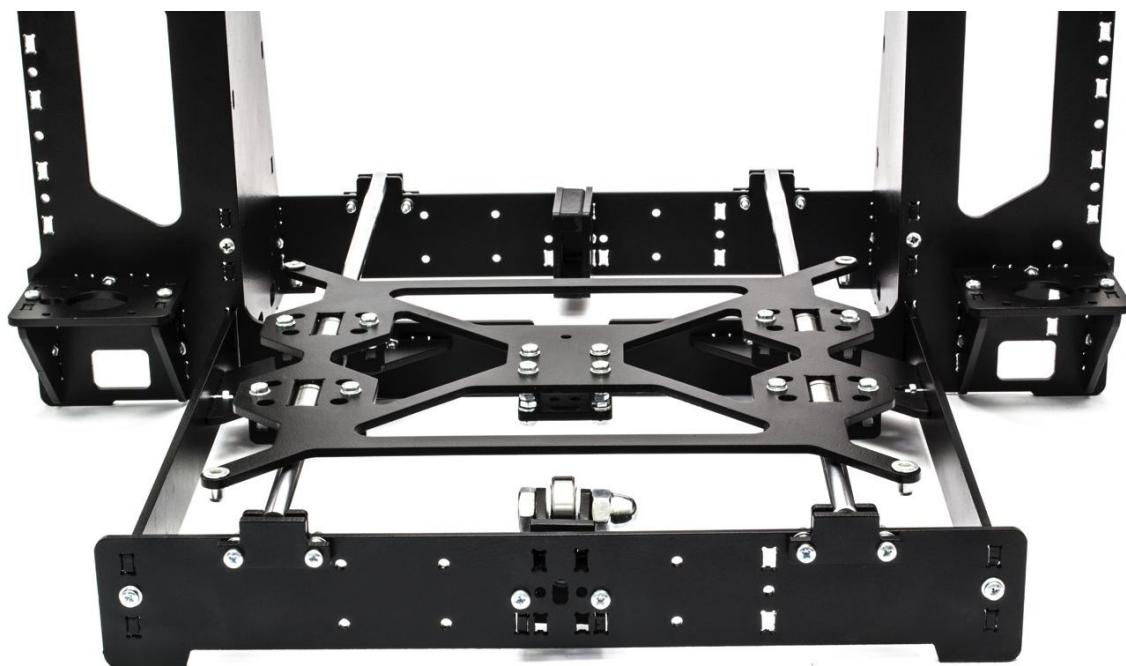


Потім фіксуємо вали спереду і з ззаду притискними пластинами.

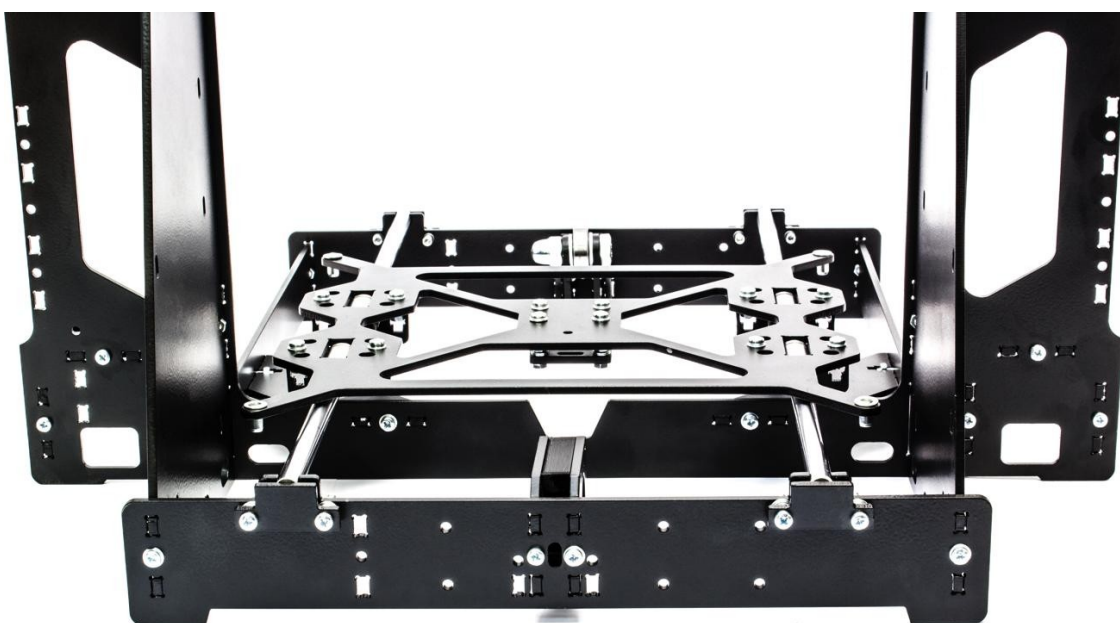
Використовуємо для цього гвинти $M3 \times 16$. При необхідності можна використовувати шайби для дистанціювання притискної пластини.



Фіксуємо вали з боку передньої стінки



Фіксуємо вали з боку задньої стінки

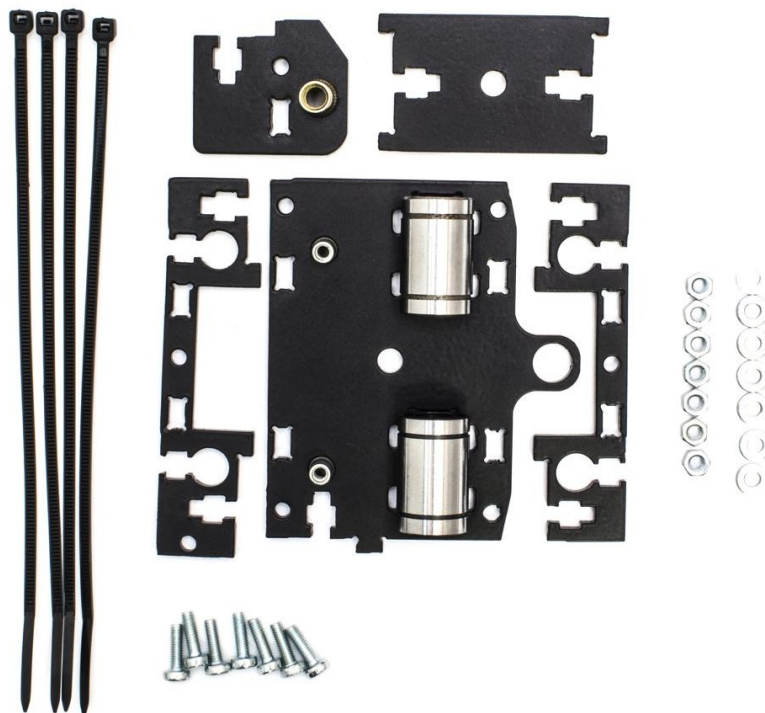


					КР.ТВІІ-2.ЛІА-5215.000.001.ІІЗ	Арк
						50
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Збірка кареток осі Х

Права каретка осі Х.

При складанні каретки використовуємо гвинти М3х12. Підшипники LM8uu вставляємо в пази і фіксуємо пластиковими стяжками, по 2 на підшипник.



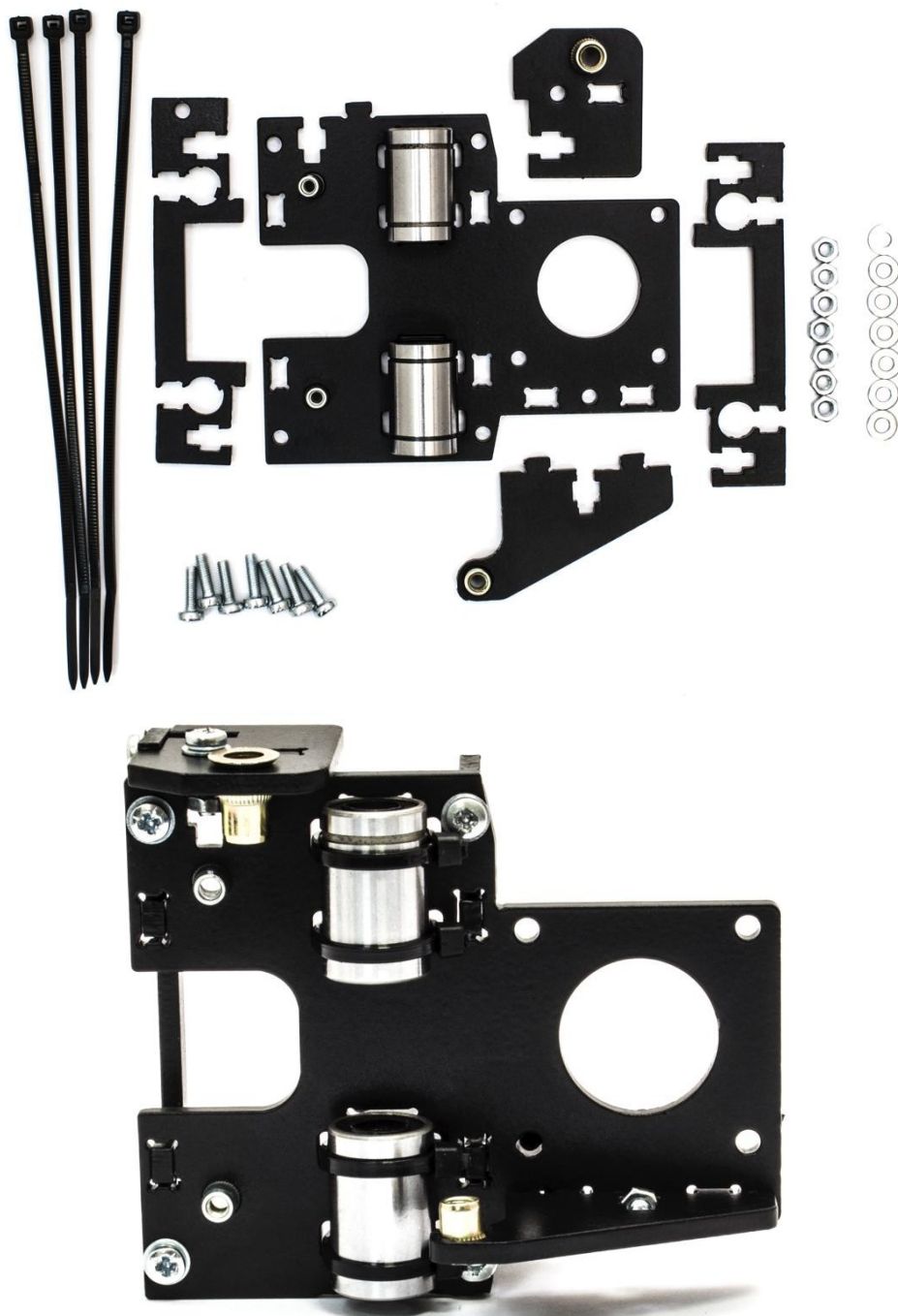
Підшипник 608zz фіксуємо болтом М8х25 і ковпачковою гайкою.



					КР.ТВІІ-2.ЛА-5215.000.001.ІІЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		51

Ліва каретка осі X.

При складанні каретки використовуємо гвинти M3x12. Підшипники LM8uu вставляємо в пази і фіксуємо пластиковими стяжками, по 2 на підшипник.

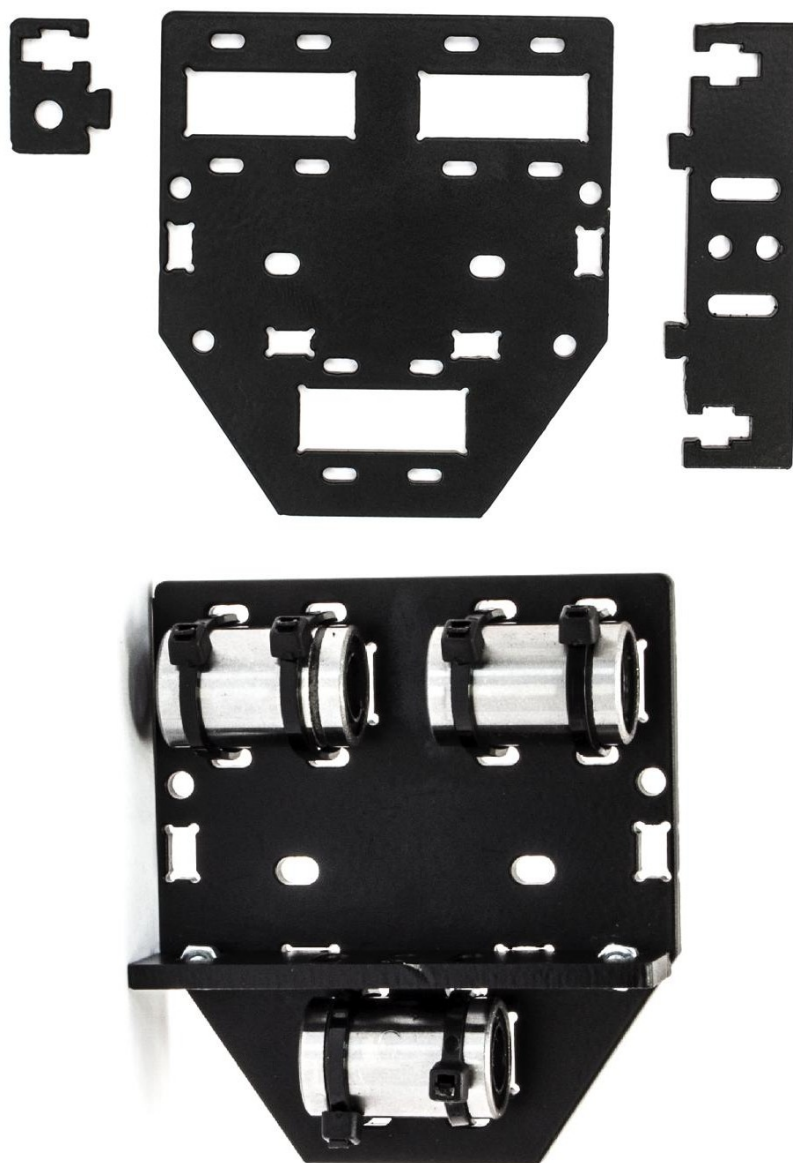


Зверніть увагу, пластина для регульовального гвинта кріпиться до каретки двигуна різьбовою гайкою вгору.

Каретка для екструдера.

					КР.ТВІІ-2.ЛА-5215.000.001.ІІЗ	Арк
						52
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

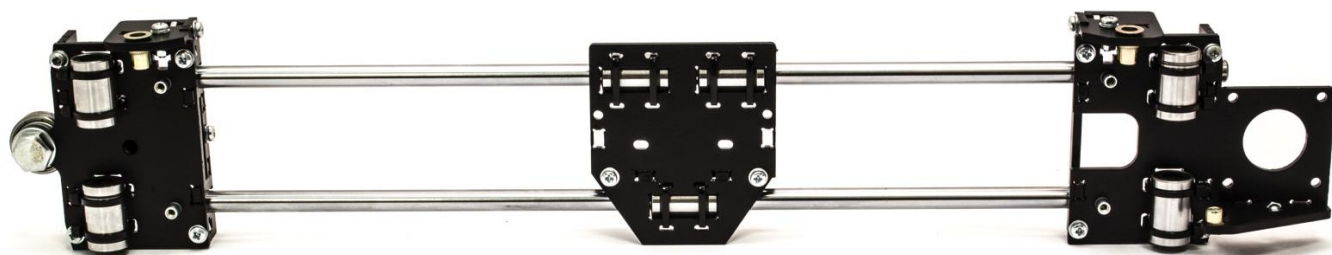
При складанні каретки використовуємо гвинти М3х12. Підшипники LM8uu вставляємо в пази і фіксуємо пластиковими стяжками, по 2 на підшипник.



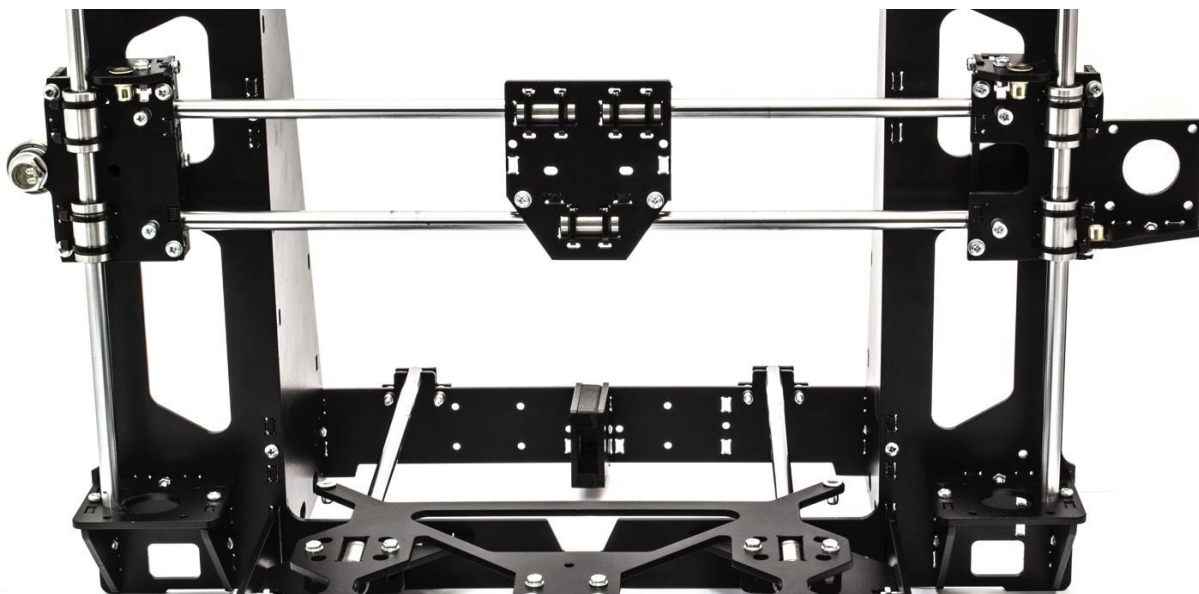
Зверніть увагу, підшипники на каретці екструдера звернені всередину, на відміну від лівої і правої. Деталь для упору кінцевика кріпиться гвинтом М3х12 в лівій частині каретки.

					КР.ТВІІ-2.ЛА-5215.000.001.ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		53

Вставляємо обидва вали ($L = 420$) в ліву каретку, фіксуємо їх гвинтами M3x12 в різьбових заклепках. Надягаємо на вали каретку екструдера, потім вставляємо вільні кінці валів в праву каретку, не закручуючи притискні гвинти в різьбових заклепках (закрутимо їх, коли вставимо зібраний модуль осі X на вали осі Z, щоб забезпечити вільний хід лівої і правої кареток по вертикалі).



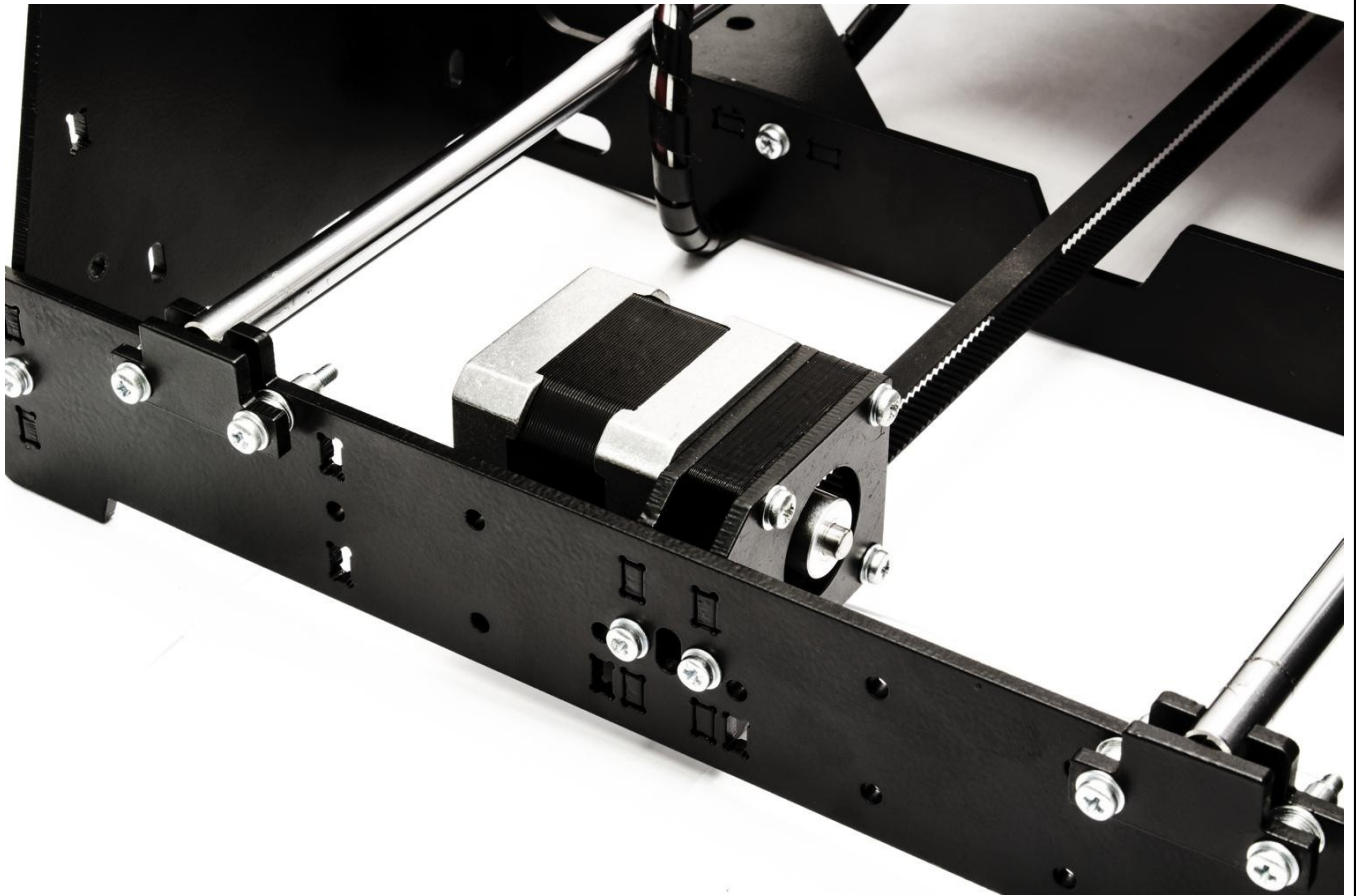
Далі вставляємо вали вісі Z ($L = 370$) у верхній отвір торцевої пластини, заводимо їх в ліву і праву каретку зібраного модуля вісі Y, опускаємо в отвір утримувача двигуна. У верхній частині на торцевій пластині є отвір під гайку, вставляємо туди гайку M3, закручуємо гвинт M3x6, тим самим фіксуємо вали вісі Z. Тепер можна перевірити хід модуля осі X по вертикалі. Якщо хід вільний, то закручуємо притискні гвинти M3x16 в різьбових заклепках вісі Y.



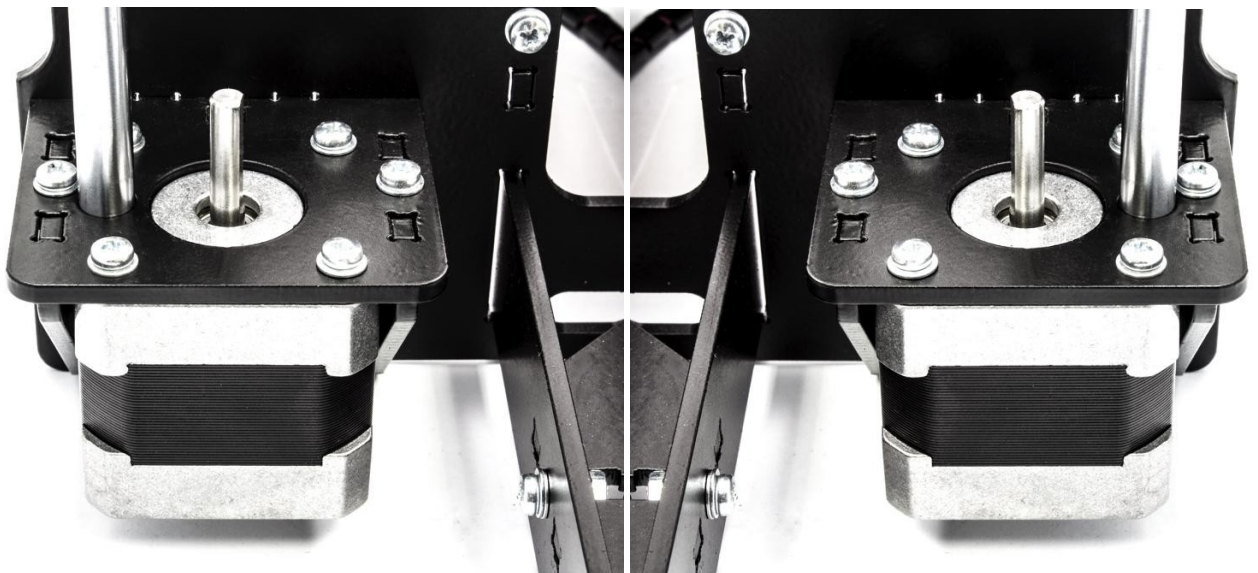
Установка двигунів

Двигун осі X кріпиться гвинтами М3х20 до тримача на задній стінці.

Попередньо на валу двигуна можна зафіксувати зубчастий шків GT-2.



Далі фіксуємо двигуни вісі Z гвинтами М3х6 в лівому і правому тримачі.



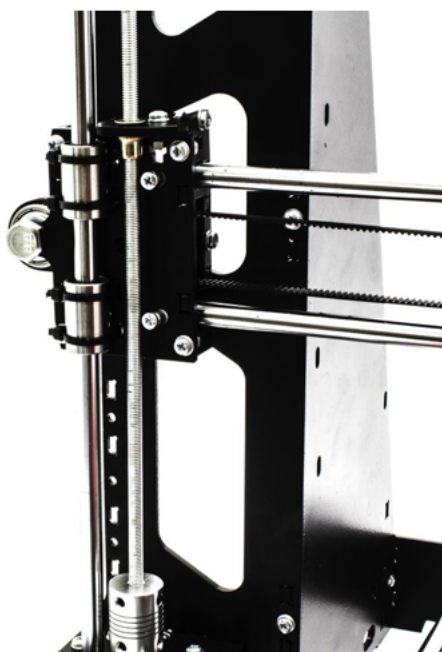
Вставляємо муфти на вал двигунів і закручуємо притискні гвинти в нижній частині муфт.

					КР.ТВІІ-2.ЛА-5215.000.001.ІІЗ	Арк
						55
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		



Потім заводимо через підшипник в торцевому опорі ходові гвинти і вкручуємо їх в різьбові заклепки лівої і правої каретки.

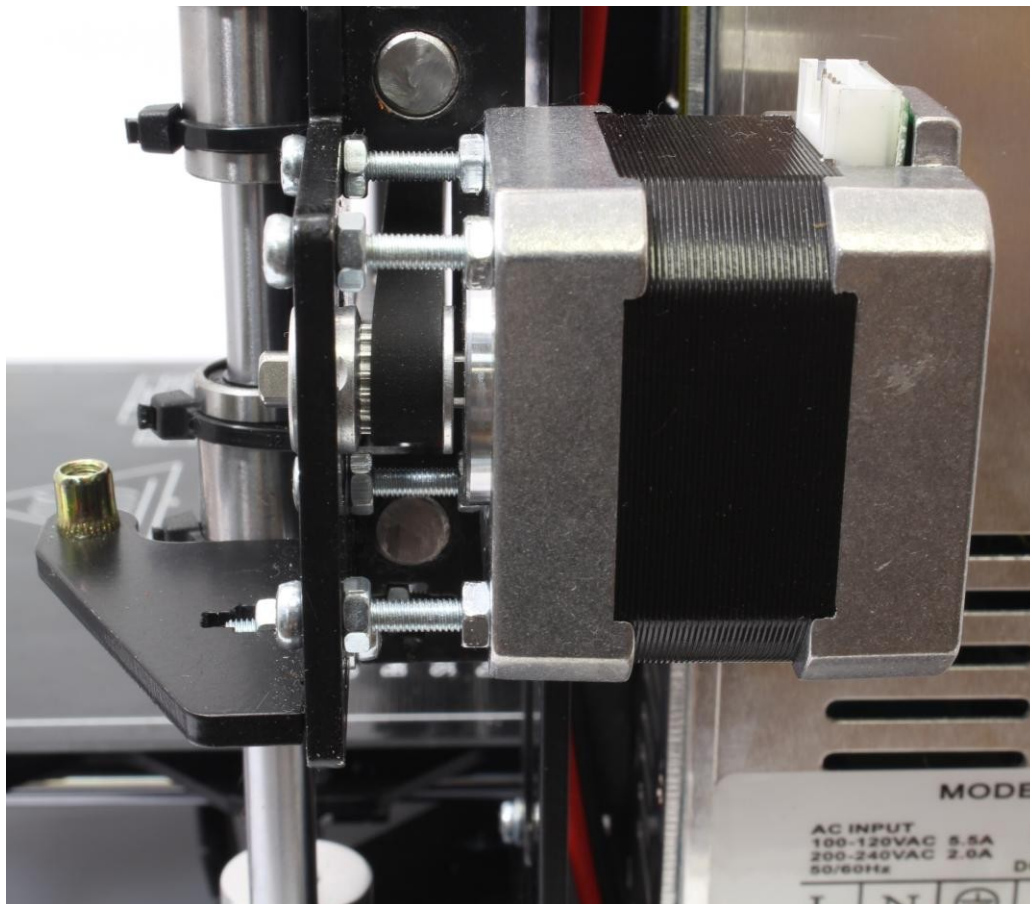
Докручуємо їх до упору з валами двигунів і фіксуємо притискними гвинтами в муфтах.



Далі встановлюємо двигун каретки осі Х.

Фіксуємо двигун гвинтами М3х20 і контролюємо гайками М3.

					КР.ТВІІ-2.ЛА-5215.000.001.ІІЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		56

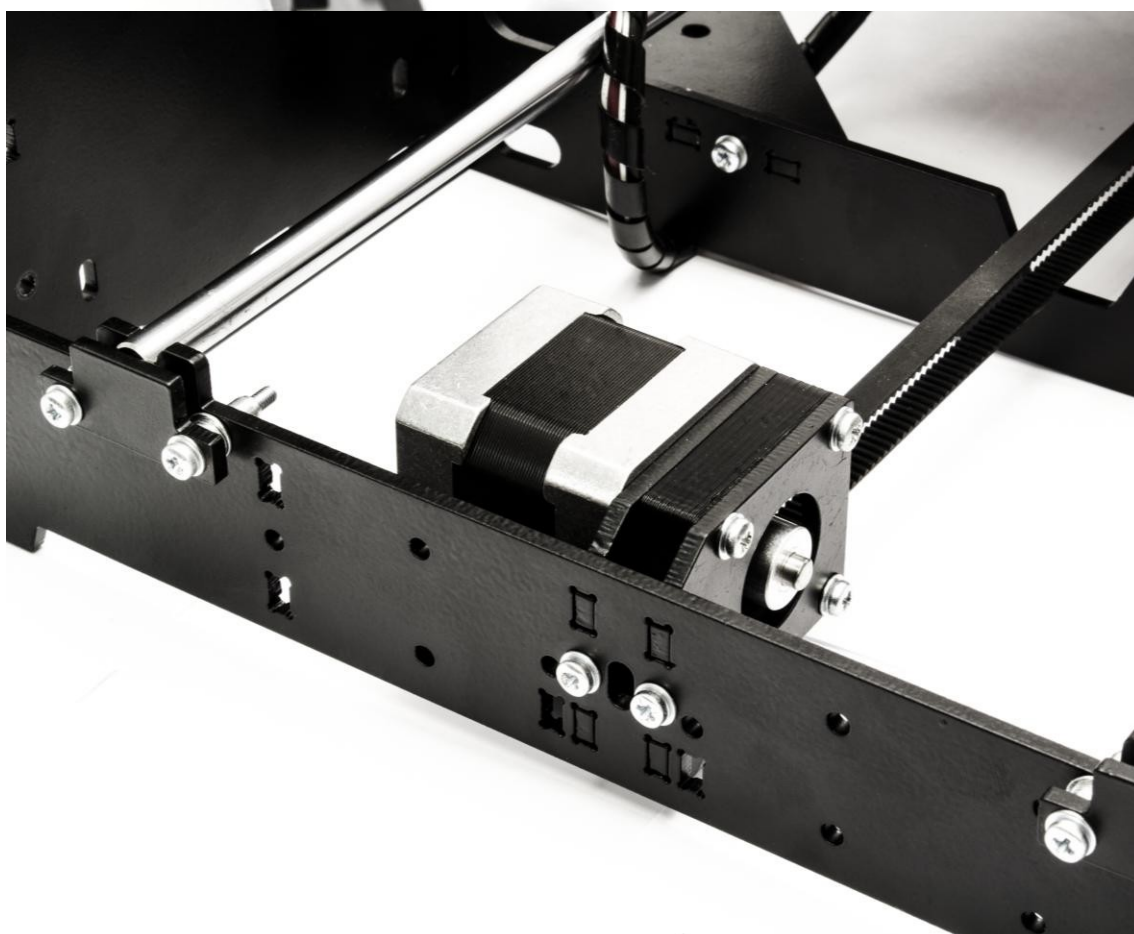
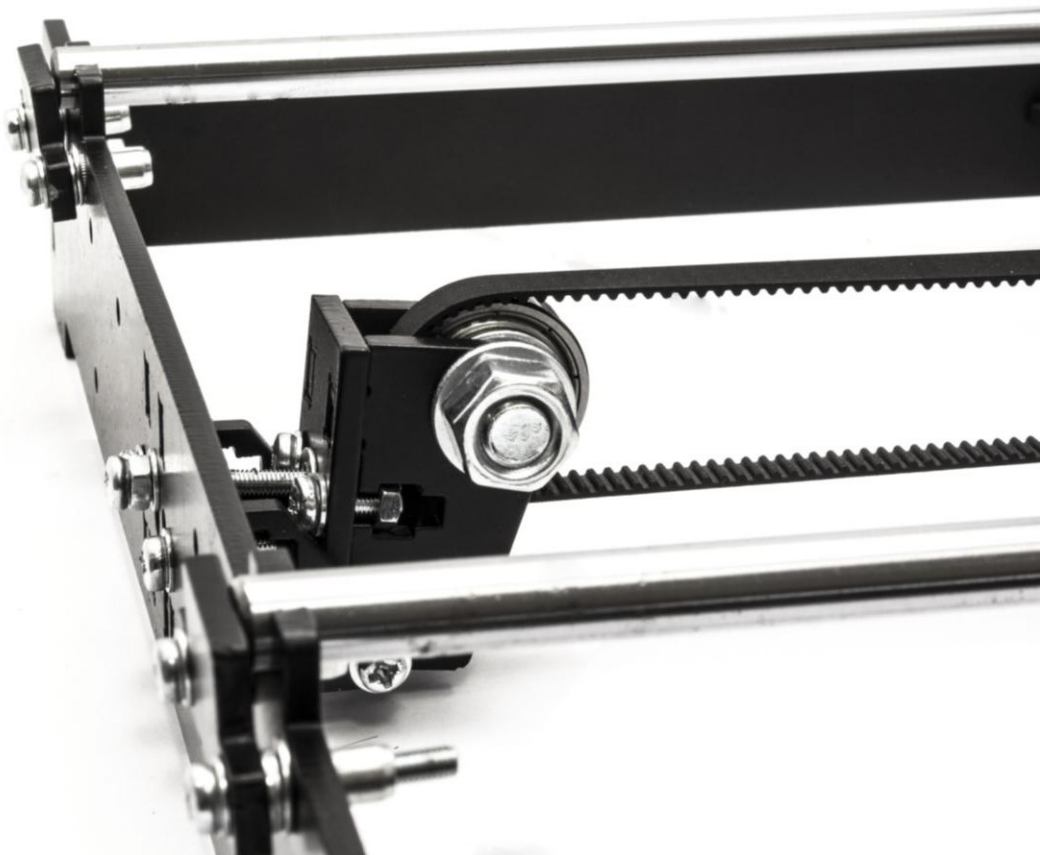


Установка ременів

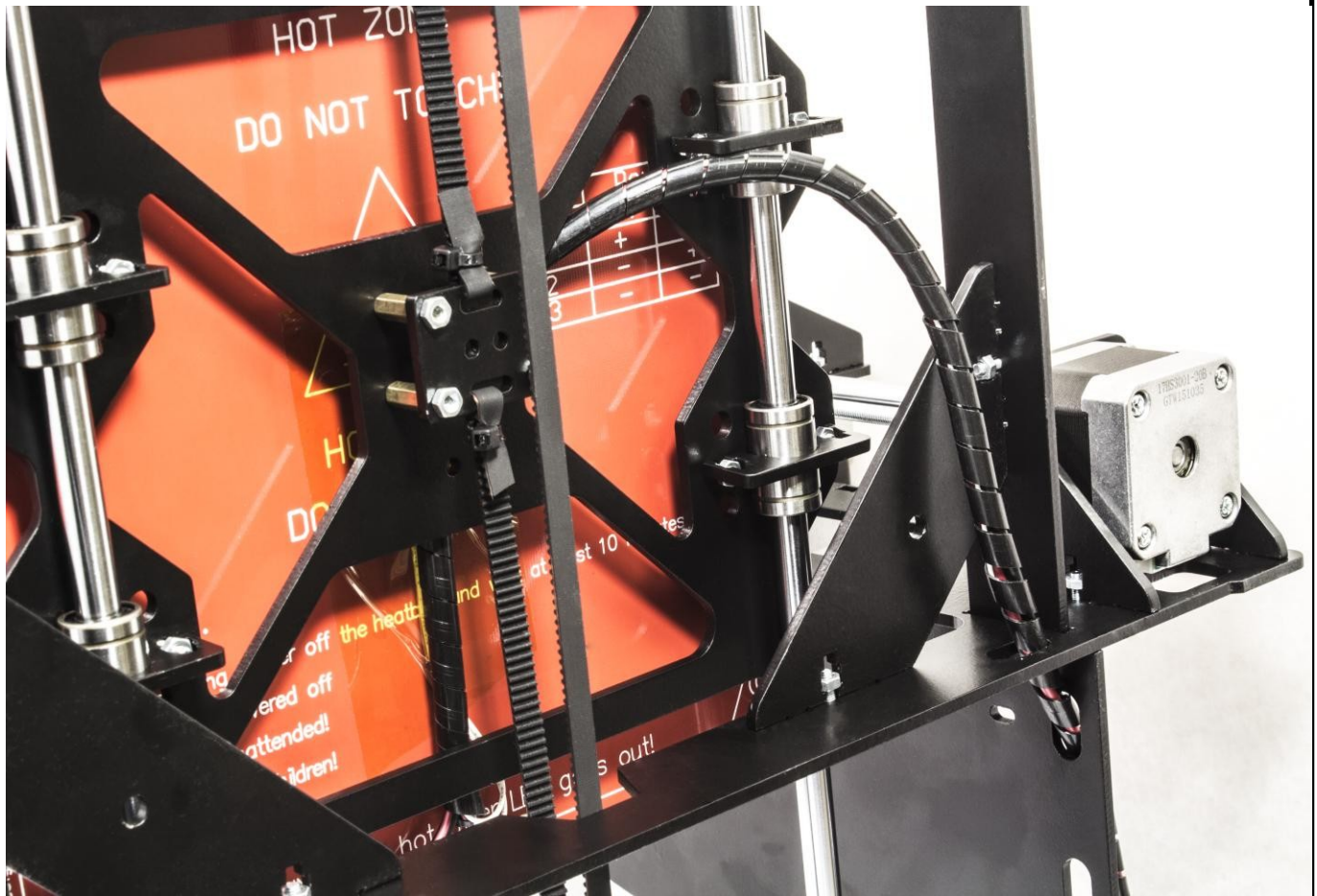
Закріплюємо один кінець зубчастого ременя GT-2 на пластині столу пластиковою стяжкою, інший кінець заводимо за шків двигуна, просовуємо через підшипник натягувача (Увага! Натягувач повинен бути розслаблений - притискний гвинт М3х30 знаходиться у відкритому стані).

Заводимо ремінь в отвір пластини, натягуємо від руки і фіксуємо пластиковою стяжкою. Тепер можна закручувати притискний гвинт натягувача до необхідного натягу ременя.

					КР.ТВІІ-2.ЛА-5215.000.001.ІІЗ	Арк
						57
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

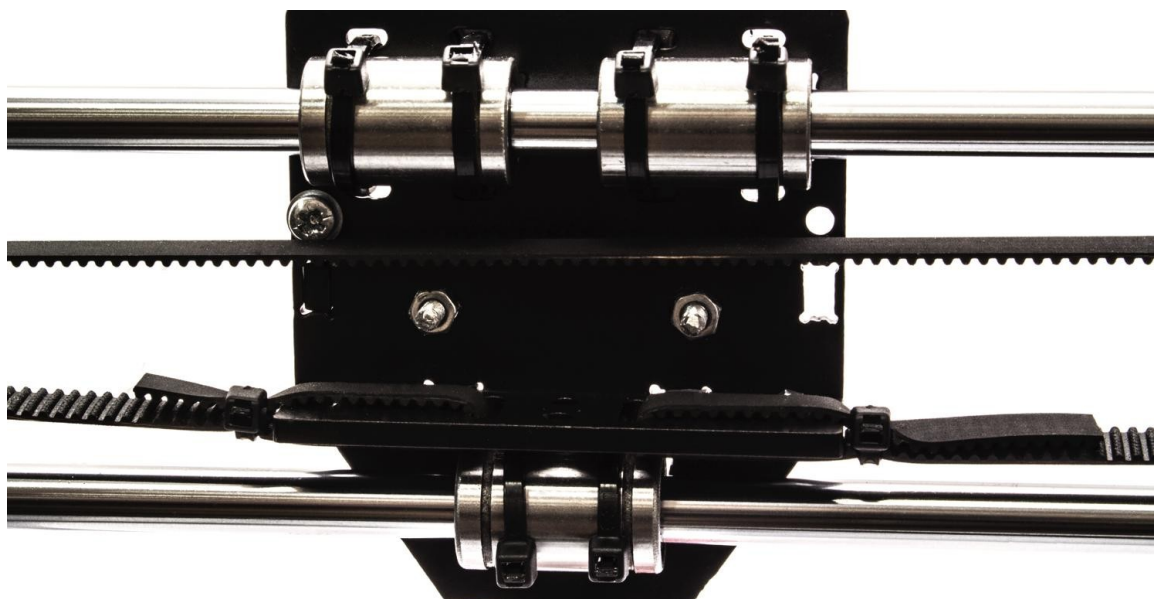


					КР.ТВІІ-2.ЛІА-5215.000.001.ІІЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		58



Далі натягуємо ремінь осі Х.

Закріплюємо один кінець зубчастого ремня на каретці екструдеру
пластиковою стяжкою, інший кінець заводимо через шків двигуна лівої
каретки, просовуємо через підшипник правої каретки, вставляємо в отвір



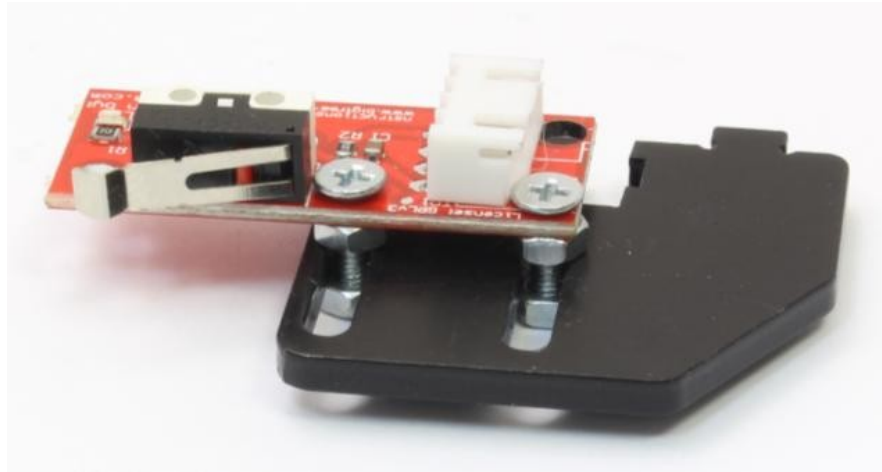
					КР.ТВІІ-2.ЛЛ-5215.000.001.ІІЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		59

утримувача ременя каретки екструдера, натягуємо від руки і фіксуємо
пластиковою стяжкою.

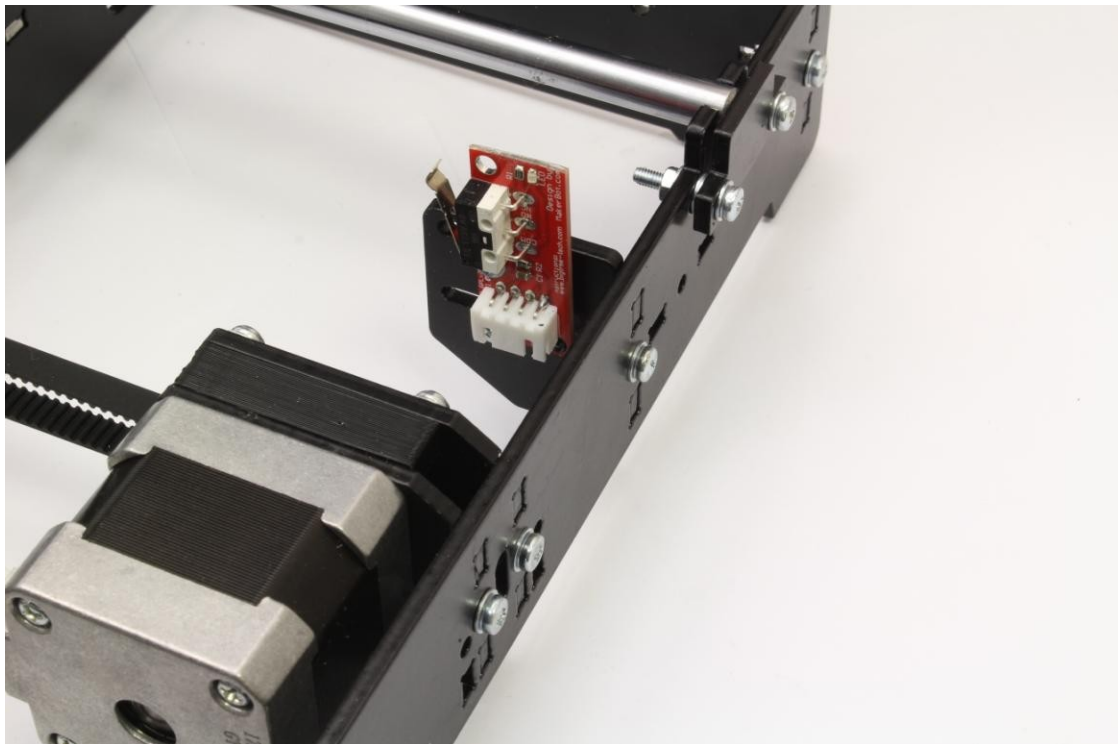
Установка кінцевиків

Установка кінцевика осі У.

Кріпимо кінцевик двома гвинтами М3х12 до тримача. Дистанціюємо кінцевик
гайками М3.



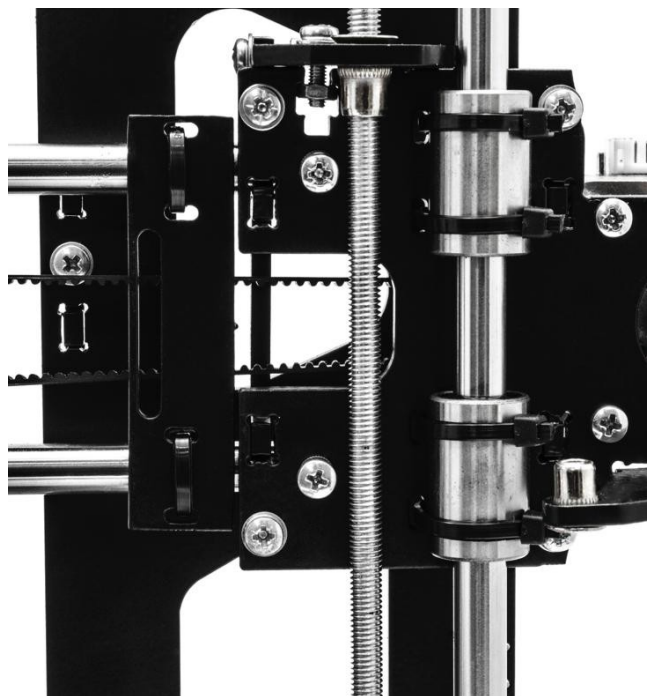
Тримач кінцевика осі У кріпимо гвинтом М3х12 до задньої стінки корпусу.
Кінцевик має включитися при зіткненні з кареткою нагрівальної платформи.



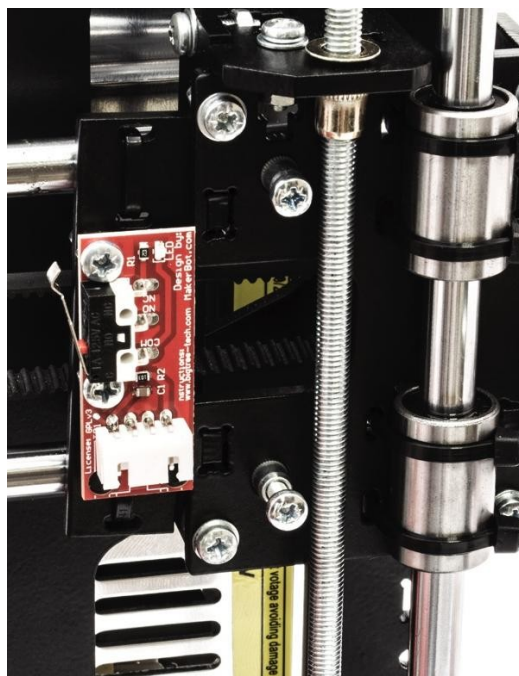
Установка кінцевика осі Х.

					КР.ТВІІ-2.ЛА-5215.000.001.ІІЗ	Арк
						60
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Тримач кінцевика осі X кріпиться пластиковими стяжками до валів (впритул до лівої каретки).

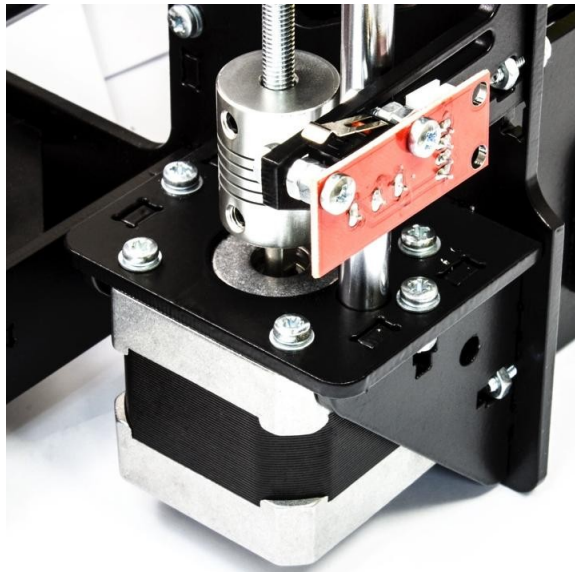


Кріпимо кінцевик двома гвинтами M3x12 до тримача. Дистанціюємо кінцевик гайками M3. Кінцевик має включатися при зіткненні з кареткою екструдера.



Установка кінцевика осі Z.

Кріпимо кінцевик двома гвинтами М3х12 до тримача. Дистанціюємо кінцевик гайками М3. Тримач кінцевика осі Z встановлюємо в кріпильні отвори на необхідному рівні, фіксуємо гвинтом М3х12 і пластиковою стяжкою до валу.



У каретку, де закріплений двигун осі X, вкручуємо регулювальний гвинт М4х40 з пружинкою.



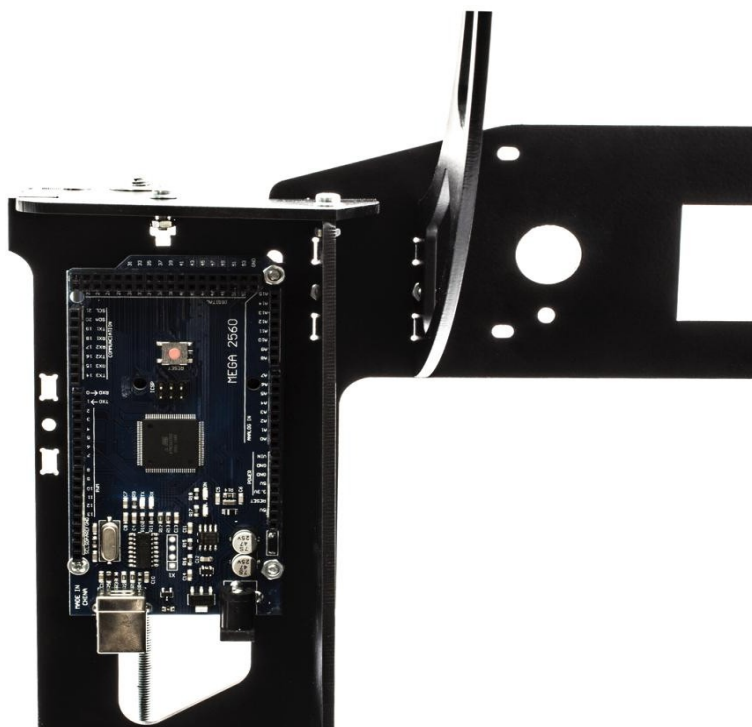
Загалом, механічна частина 3D-принтера зібрана, залишається закріпити кронштейни тримача катушки пластика гвинтами М3х12 до рами і зафіксувати на них різьбову шпильку.

					КР.ТВІІ-2.ЛА-5215.000.001.ІІЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		62



5.3 Установка електроніки та її налаштування

Установка Arduino і Ramps

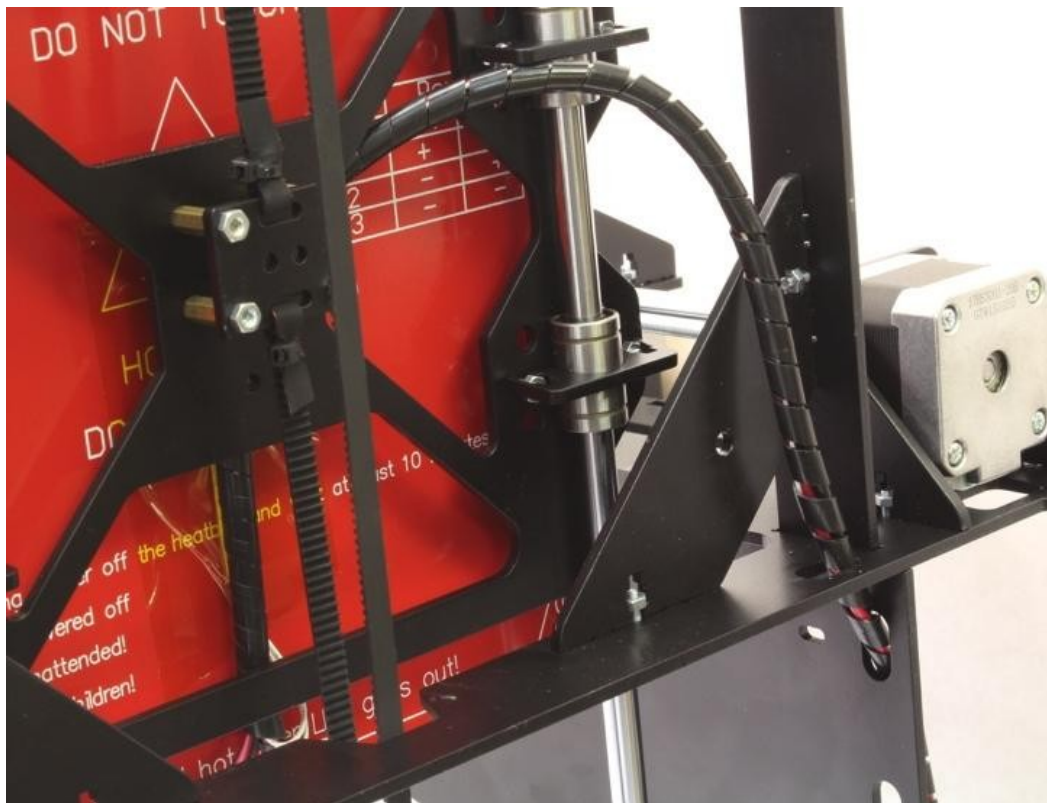
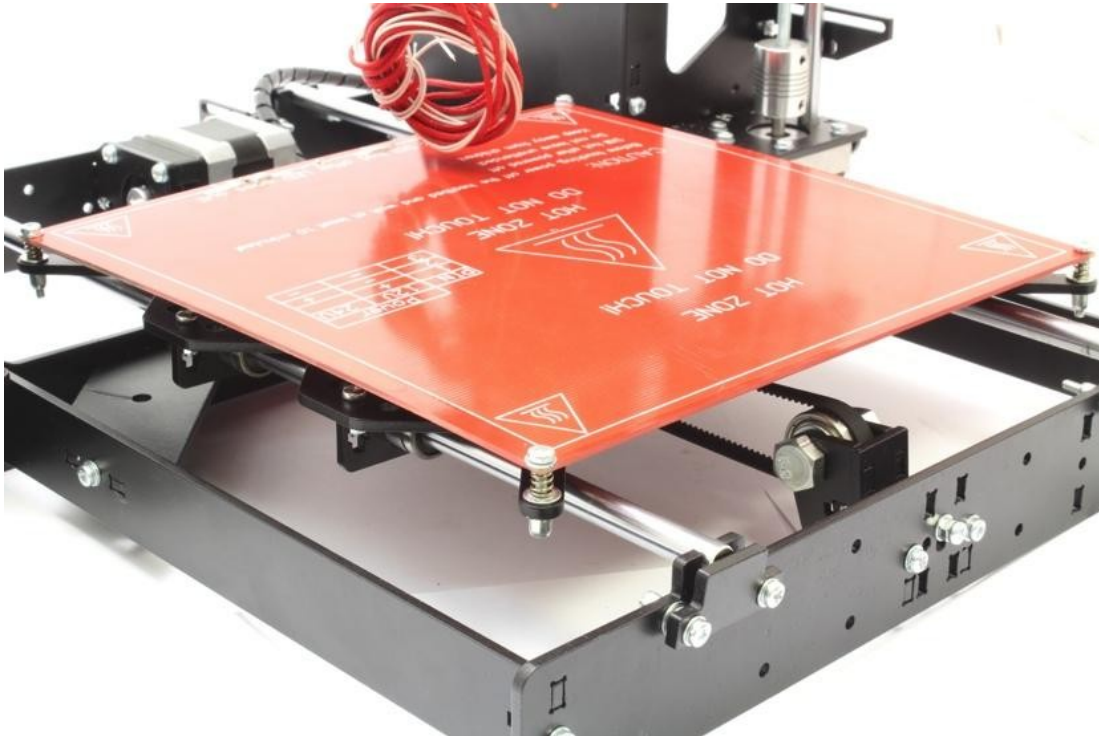


Плата Arduino кріпиться до корпусу гвинтами М3х10 і дистанціюється гайками М3.

					КР.ТВІІ-2.ЛА-5215.000.001.ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		63

Установка нагрівальної платформи

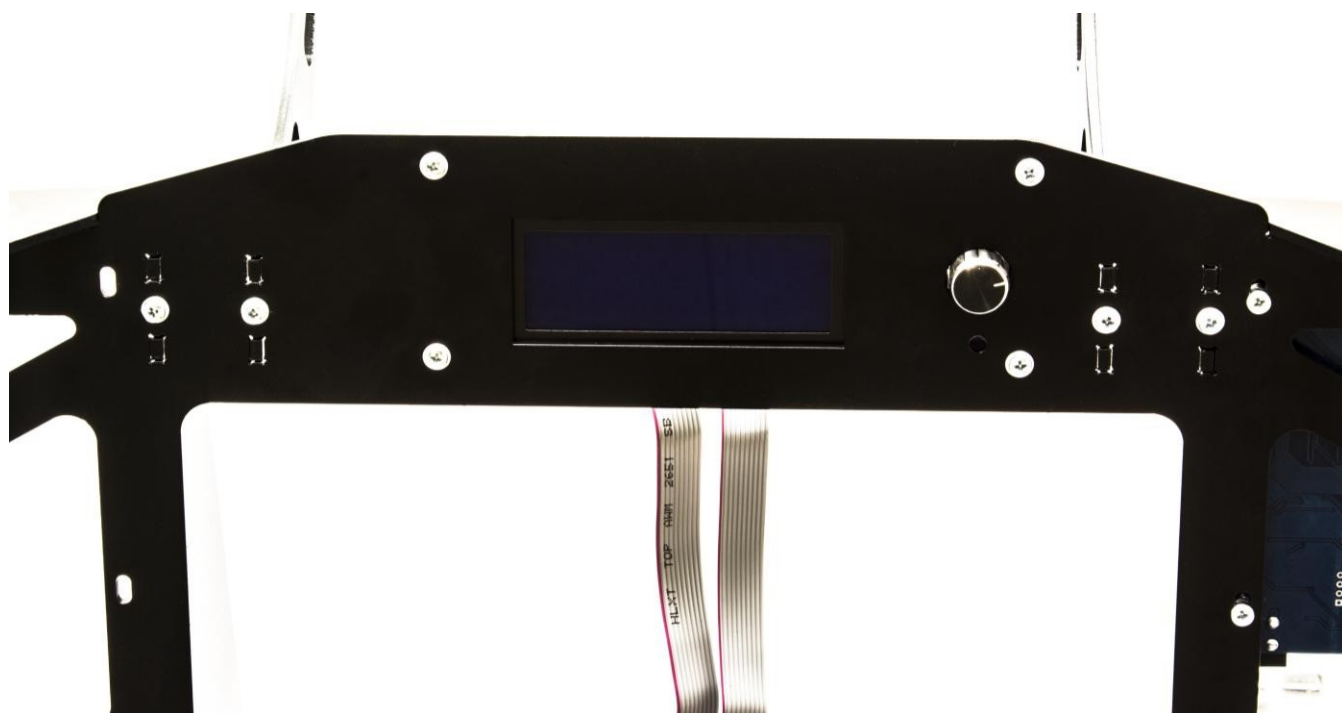
Нагрівальна платформа кріпиться до каретки гвинтами М3х20, для можливості регулювання рівня столу використовуються пружинки. Провід живлення і провід термистора слід спочатку обмотати в обмотку і завести через низ столу до блоку живлення як на малюнку.



					КР.ТВП-2.ЛА-5215.000.001.ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		64

Установка LCD-дисплею

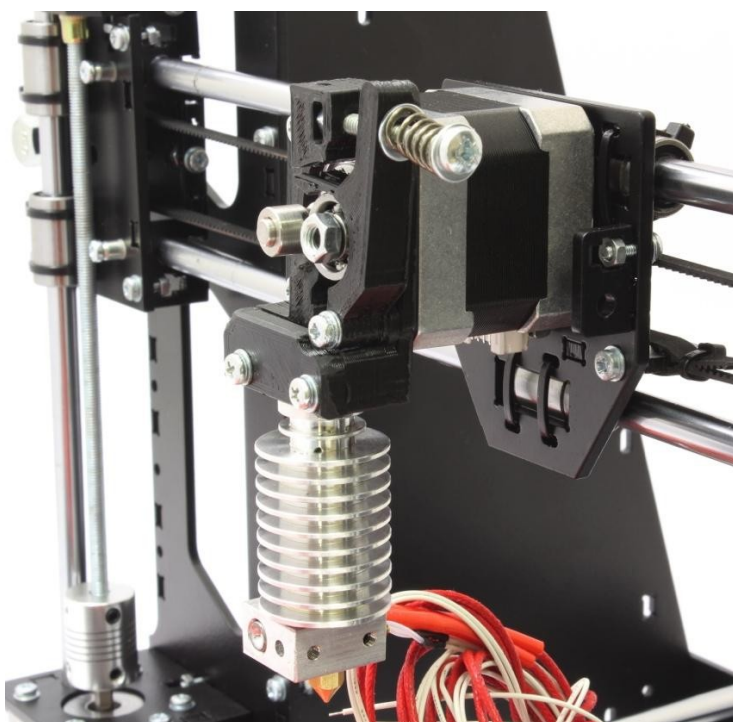
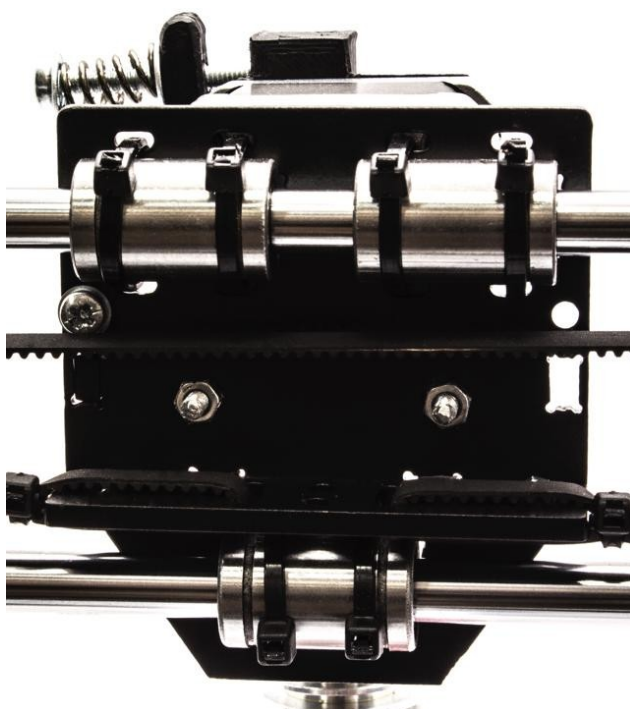
LCD-дисплей кріпиться до рами гвинтами M3x20 і дистанціюється гайками M3.



Установка экструдера

					КР.ТВІІ-2.ЛА-5215.000.001.ІІЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		65

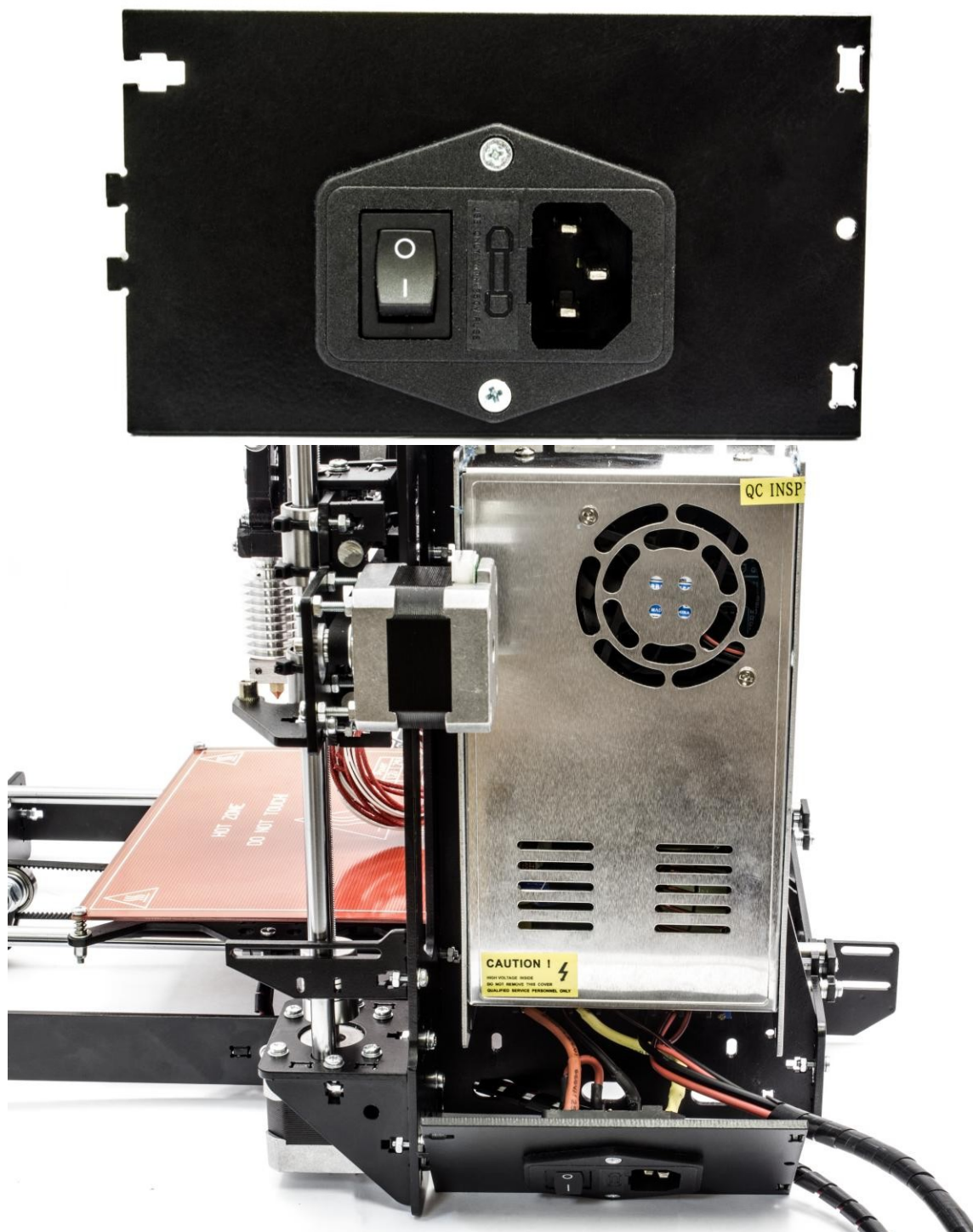
Екструдер кріпиться до каретки двома гайками М3.



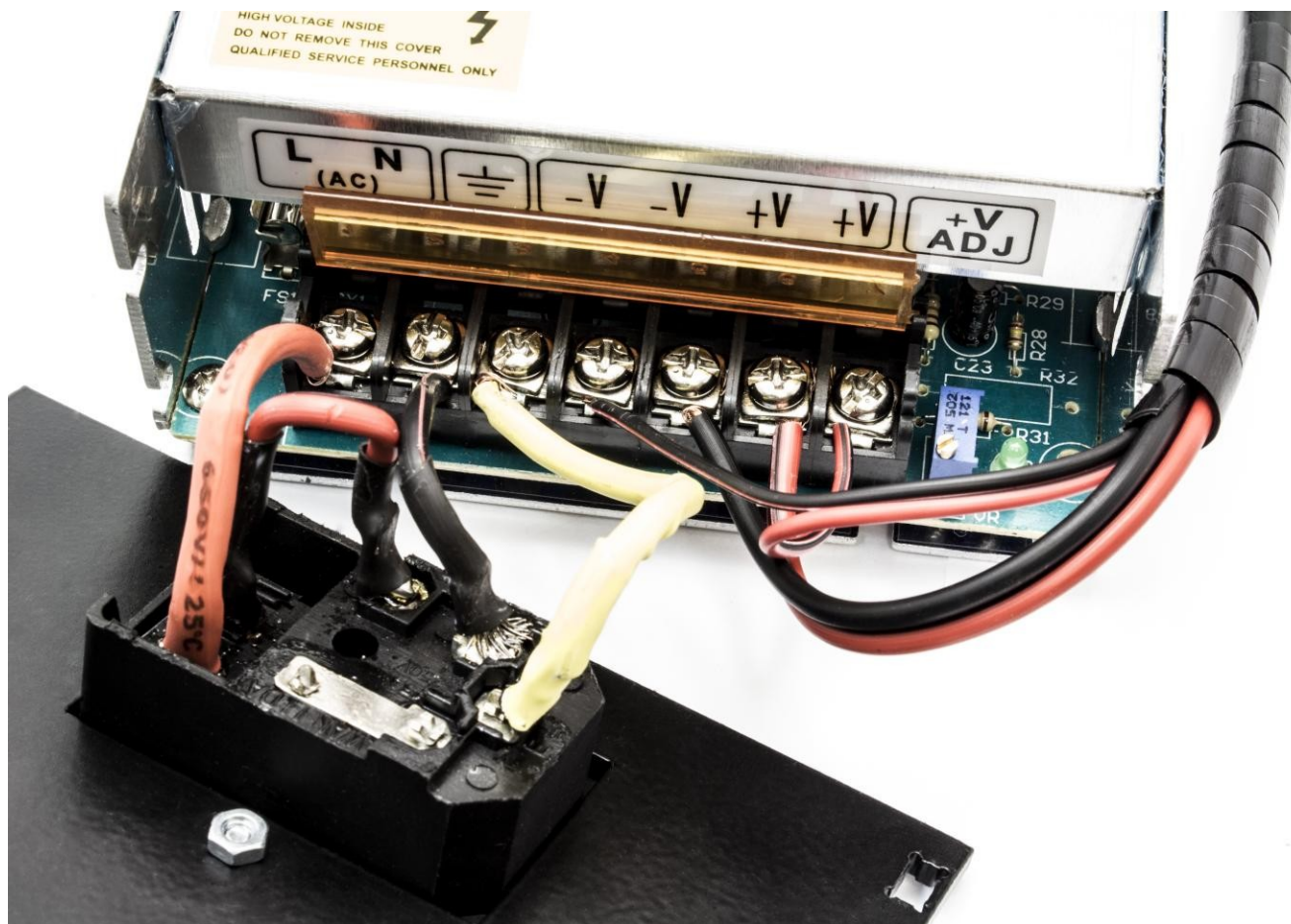
Установка блоку живлення

					КР.ТВІІ-2.ЛА-5215.000.001.ІІЗ	Арк
						66
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Перед установкою блоку живлення необхідно прикріпити роз'єм живлення гвинтами М3х12 до пластини і припаяти до нього дроти, потім завести живлення на клеми



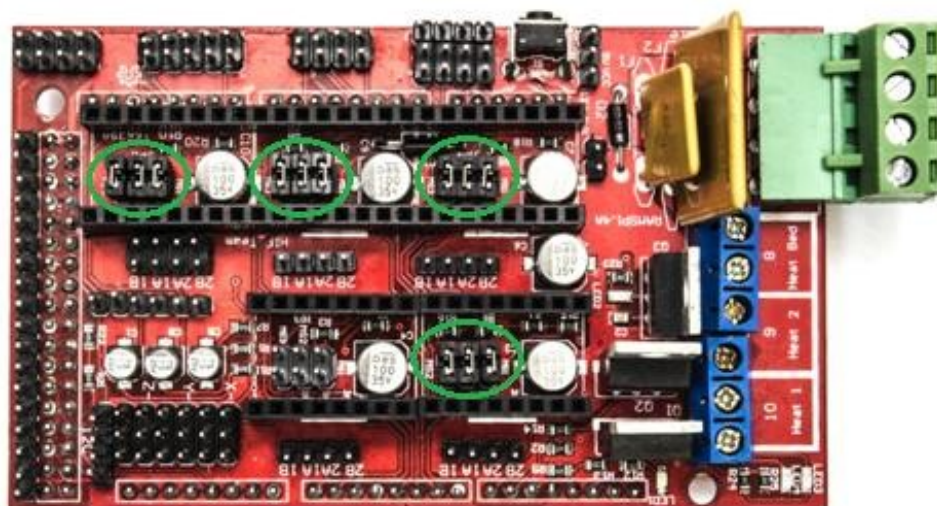
					КР.ТВІІ-2.ЛІА-5215.000.001.ІІЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		67



Блок живлення кріпиться до бічної стінки гвинтами М3х6.

Установка джамперів і драйверів ШД на Ramps

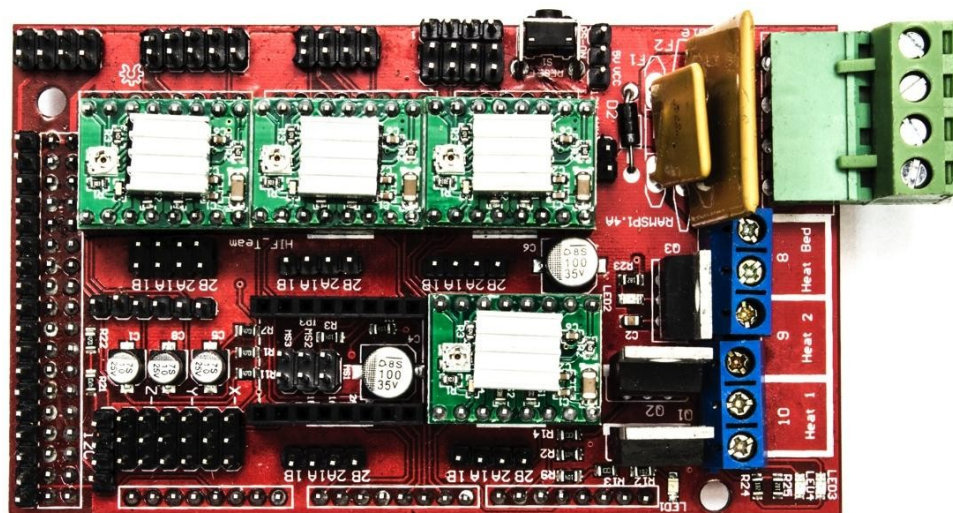
Під кожен драйвер крокового двигуна необхідно встановити по 3 джампера (перемички для установки мікрокроку).



					КР.ТВІТ-2.ЛА-5215.000.001.ІІЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		68

Драйвери крокових двигунів встановлюємо на роз'єми X, Y, Z, E1, наклеюємо на них радіатори.

Зверніть увагу! Драйвер встановлюється строго в одному положенні - підлаштування резистором в протилежну сторону від роз'єму живлення (маркування ніжок драйвера повинне збігатися з маркуванням на RAMPS).

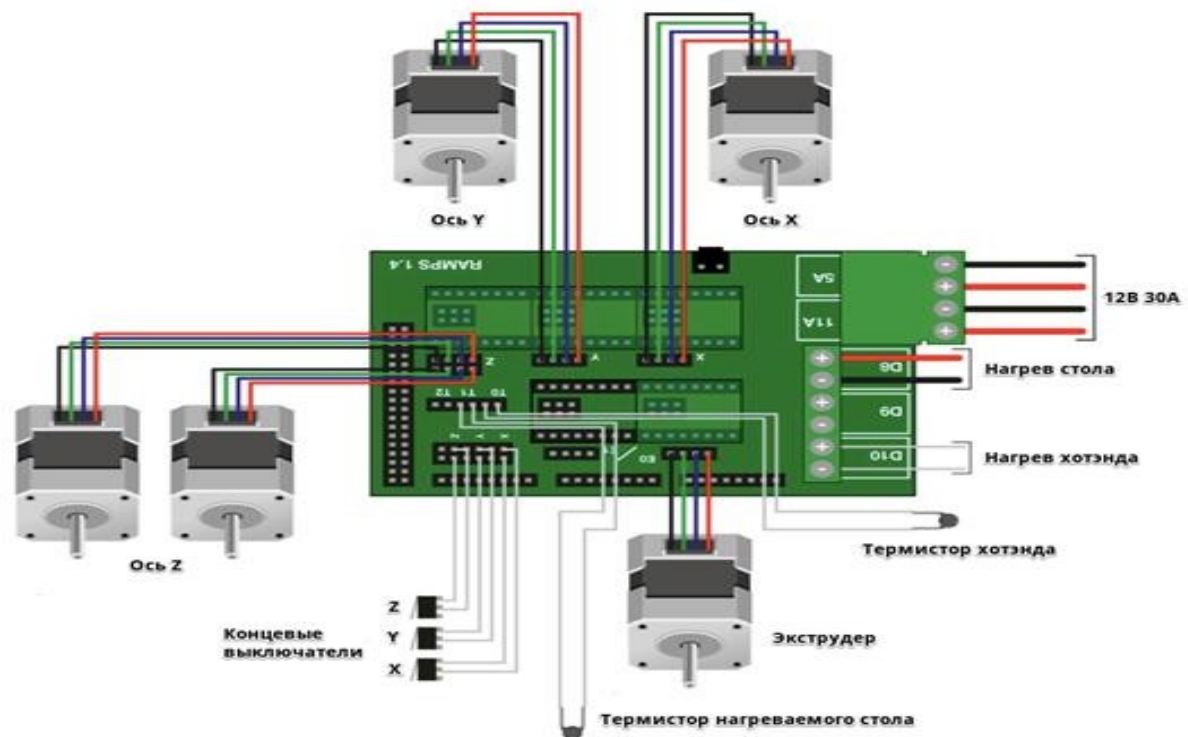


Встановлюємо плату RAMPS на ARDUINO



Підключення електроніки

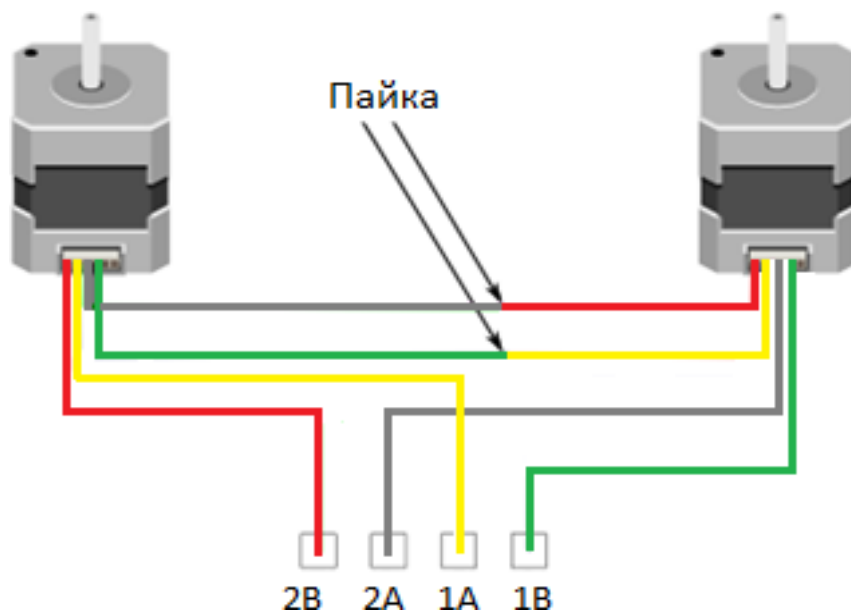
Електроніка підключається за даною схемою:



При необхідності проводи подовжуються і згуртовуються. Слід звернути увагу на підключення двигунів осі Z.

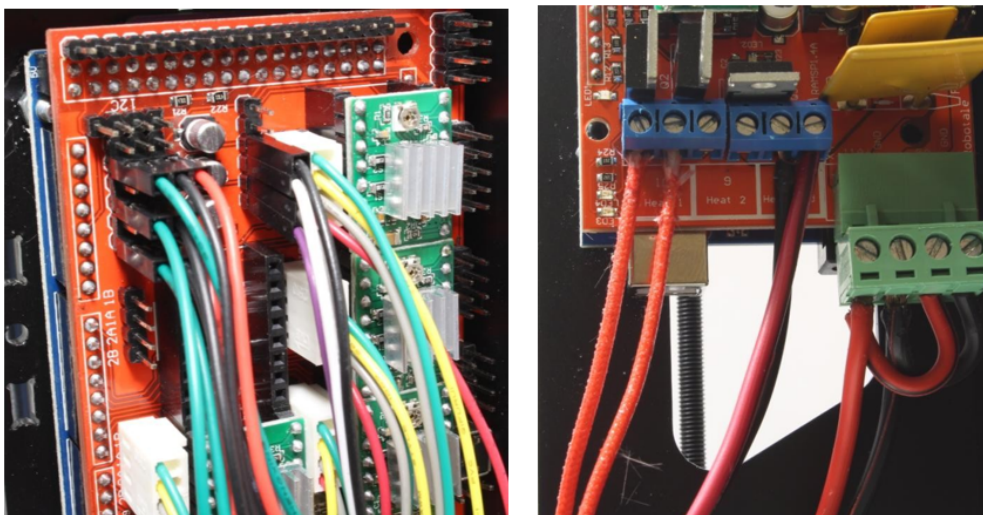
Двигуни осі Z можна підключати:

- паралельно - кожен штекер в своє гніздо. Це стандартне підключення до RAMPS 1.4
- послідовно одним штекером за даною схемою:

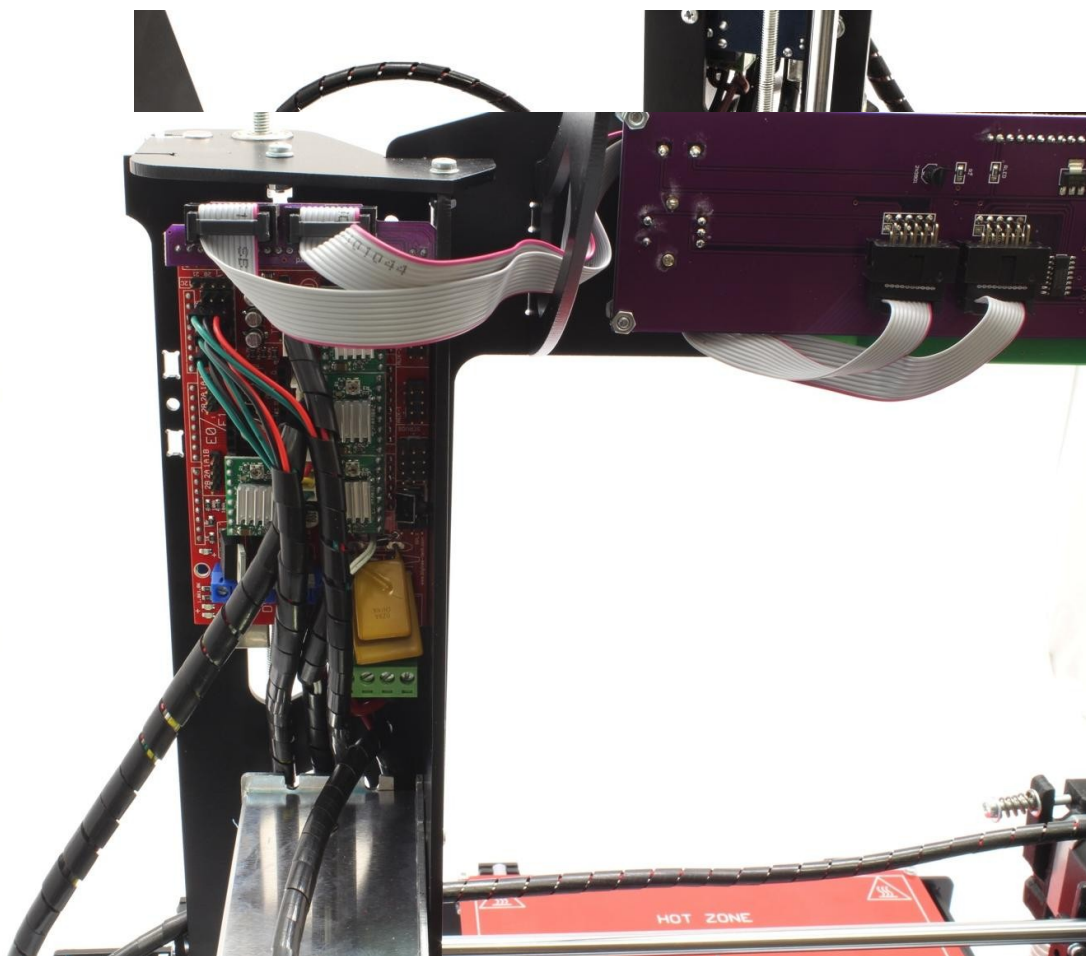


При підключенні проводів живлення, на роз'ємі плати RAMPS можна зробити перемички, щоб не тягнути від блоку живлення ще одну пару проводів. Термистор хотенду підключаємо до гнізда T0, термистор столу до гнізда T1. До роз'єму D10 підключаємо нагрів хотенду, до D8 - нагрівання стола. До роз'єму D9 можна буде згодом підключити обдув робочої зони.

Коннектори двигунів і кінцевиків вставляємо як на фото:



Всі дроти слід обережно обмотати фторопластовою опліткою.



Встановлюємо вентилятор 40x40 для обдування драйверів. Збираємо кріплення вентилятора.



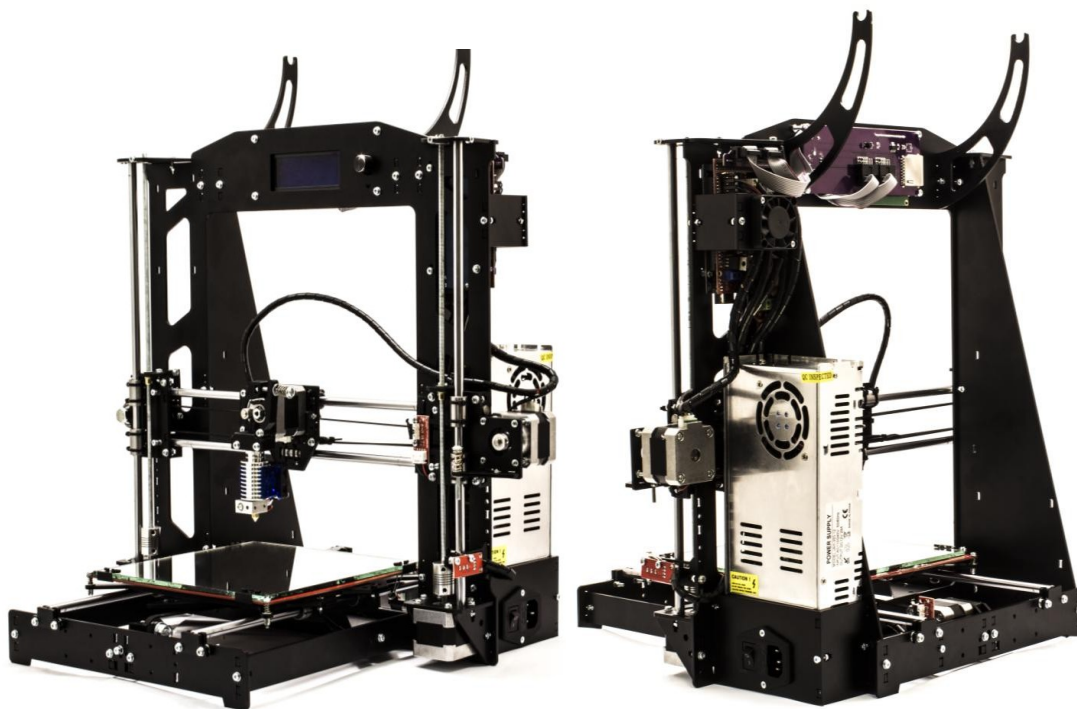
Кріпимо вентилятор до пластини гвинтами М3х16 і фіксуємо пластину на корпусі гвинтом М3х12.

					КР.ТВІІ-2.ЛА-5215.000.001.ІІЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		72



					КР.ТВІІ-2.ЛІА-5215.000.001.ІІЗ	Арк
						73
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже, 3D-принтер зібраний. Можна сміливо приступати до програмної частини: залити прошивку, встановити необхідний софт, налаштувати слайсер і починати освоювати 3D-друк.



Далі треба буде провести деякі налаштування з прошивкою та параметрами 3д принтеру. І можна вже печатати ті речі, які можуть бути треба в промисловій зоні

Висновки

В цій дипломній роботі бакалавра було проаналізовано технологічну схему виробництва етанолу методом гідратації етилену, була описана сировина що використовується і продукти, які ми отримуємо. З основних апаратів, що ми маємо є : скрубери, холодильники, реакційна колона, відпарена колона, гідролізер, нейтралізаційна колона. Зробивши схему автоматизації, першим ділом виділимо основні параметри, що впливають на продукт і його якість, та параметри апарату що треба контролювати. Головним технологічним апаратом я вибрав трубчастий теплообмінник, що охолоджує.

Розробивши математичну модель для теплообміннику статичного та динамічного режиму роботи, дослідивши ці розрахунки за каналом керування.

На розроблених розрахунках було зроблено синтез системи керування з регулятором налаштованим методом М-кола. Розрахунки були розроблені в програмі Mathcad.

Було зібрано 3Д принтер, налаштовано та модифіковано для менших фінансових витрат. Після чого в програмі 3Д моделювання розроблена модель апарату теплообміннику для кращого розуміння процесу й надруковано фізичну модель апарату

					КР.ТВИІ-2.ЛА-5215.000.001.ПЗ	Арк
						75
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Список літератури

1. Киричков В. Н. Идентификация объектов систем управления технологическими процессами: Учеб. Пособие/ В. Н. Киричков – К.: Вища шк., 1990, – 263 с.

2. Шульгин Ю.В. Автоматизация тепловых процессов и установок. Ч.1. Теоретические основы автоматического регулирования тепловых процессов: Учебн. пособие/ Ю.В. Шульгин – Х.: НТУ “ХПИ”, 2002, – 96с.

3. Кубрак А.И. Комп’ютерне моделювання та ідентифікація автоматичних систем: Навч. посібник/ А.И. Кубрак, А.И. Жученко, М.З. Кваско – К.: ІВЦ “Видавництво «Політехніка»”, 2004, – 424с.

4. Остапенко Ю.О. Ідентифікація та моделювання технологічних об’єктів керування [Текст]: підручник/ Ю.О. Остапенко – К.: Задруга , 1999. – 424с.

5. Эрих В. Н. Химия и технология нефти и газа [Текст] : учебное пособие / М. Г. Расина, М. Г. Рудин. – 2-е изд., перераб. – Л.: Химия, 1977.– 424 с. : ил.– Библиогр. : с. 390 – 393. – 2000 пр.

6. Иванова Л. В. Технология переработки нефти и газа [Текст] : учебное пособие / Л. В. Иванова, М. И. Корнеев, В. Н. Юзбашев. – М.: Химия, 1966. – 419 с. : ил.– Библиогр.: с. 363 – 365. – 1500 пр.

7. Кваско М. З., Жураковський Я. Ю., Жученко А. І., Миленський В. В. К18 Проектування систем керування: навч. посібн. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом «Автоматизація і комп’ют.-інтегр. технології»/ М. З. Кваско, Я. Ю. Жураковський, А. І. Жученко, В. В. Миленський – К. : НТУУ «КПІ», 2014. – 342 с.

8. Ковалевський В. М. Методичні вказівки до практичних занять з кредитного модуля «Електричні системи керування» навчальної дисципліни “Технічні засоби автоматизації – 2” для студентів напрямку підготовки “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології ” по спеціалізації «Автоматизація хіміко-технологічних процесів і виробництв» [Текст] /

					KP.TBII-2.ЛA-5215.000.001.ПЗ	Арк
						76
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Укладач, В. М. Ковалевський, // – К.: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2017. – 60 с. : іл.– Бібліогр.: с. 26 – 31.

9. Лукінюк М. В. Технологічні вимірювання та прилади [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / М. В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2007. – 436 с. : іл. – Біблігр.: с. 427-428. – 200 пр. – ISBN 978-966-622-247-6. Гриф МОН України.

10. Жураковський Я. Ю. Автоматизація виробничих процесів–2. Автоматизовані системи управління технологічними процесами: Метод. вказівки до практичних занять для студентів спеціальності „Обладнання лісового комплексу” / Уклад. М. С. Піргач, Я. Ю. Жураковський – К.: НТУУ „КПІ”, 2015. – 78 С.

11. Преобразователь-регулятор потенциометрический микропроцессорный ПП-10 [Текст] : руководство по эксплуатации ПП-10 : розробник і виробник підприємство «МІКРОЛ». – Івано-Франківськ, 2011. – 78 с. – 1000 пр.

12. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры [Текст]: учеб. пособие. для студ. высш. учеб. закл. / Лашинский А. А., Толчинский А. Р., Л., «Машиностроение», 2013. – 752 стр. : ил. – Библиогр.: с.415. – ISBN 978-5-91872-013-4.

13. Кубрак А. И. Определение передаточных функций элементов автоматических систем [Текст] : монография / А. И. Кубрак, А. И. Жученко. – К.: НТУУ «КПИ», 2006. – 261 с.: рис. – Библиогр.: с. 256–258. – 200 пр.

14. Лукінюк М. В. Автоматизація типових технологічних процесів: техно-логічні об'єкти керування та схеми автоматизації [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом «Автоматизація і комп'ют.-інтегр. техно-логії» / М. В. Лукінюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2008. – 236 с. : іл. – Біблігр.: с. 230-231. – 200 пр. – ISBN 978-966-622-287-2. Гриф МОН України.

					КР.ТВІІ-2.ЛА-5215.000.001.ІІЗ	Арк
						77
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

15. Амелина А. Г. Общая техническая технология [Текст] : учеб. пособ. / А. Г. Амелина, А. И. Малахов, И. Е. Зубова; под ред Н. Н. Терпеловского. – М.: Химия, 1977. – 400 с.: ил. – Библиогр.: с. 155–158. – 5000 экз.

					КР.ТВІІ-2.ЛА-5215.000.001.ІІЗ	Арк
						78
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Додатки

Додаток А

```
function Wr=mkolo (Wo, Kr, Tin, M)
Xdk=-M*M/ (M*M-1) ;
Rk=M/ (M*M-1) ;
Xk=(Xdk-Rk) : (Rk/32) : (Xdk+Rk) ;
Yk=(Rk^2- (Xk-Xdk) .^2) .^0.5;

fn=300;
Wr=tf([Kr*Tin 1],[Tin 0]);
W=Wo*Wr;
f=logspace(-4,4,fn);
W=frd(W,f);
[af,]=frdata(W);
af=squeeze(af);
ii=0;
afv=0;
for i=1:fn
    if abs(imag(af(i)))<(1.3*Rk)
        ii=ii+1;
        afv(ii)=af(i);
    end
end
re=real(afv);
im=imag(afv);

plot(re,im,'k',Xk,Yk,'k',Xk,-Yk,'k'), grid on
end
```

					КР.ТБПІ-2.ЛІА-5215.000.001.ПЗ	Арк
						79
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		


```

Wo=tf(-103.49,[183.47 1]);
Wr=tf([-1.08 -1],[0.1 0]);
Wc=(Wr*Wo)/(1+Wr*Wo);
Wc=tf(Wc);
den=Wc.DEN{1};
for i1=1:(length(den)-1) %Формування матриці Гурвиця
    for i2=1:(length(den)-1)
        if ((length(den)-(i2*2-i1))>=1)&&((length(den)-(i2*2-i1))<=length(den))
            gurv(i1,i2)=den(length(den)-(i2*2-i1));
        else gurv(i1,i2)=0;
        end
    end
end
i2=0;
for i1=1:(length(den)-1)
    mgurv=guv;
    mgurv(i1,:)=[];
    mgurv(:,i1)=[]; %i1-ий діагональний мінор матриці Гурвиця
    if det(mguv)>0
        i2=i2+1;
    end
end
if i2==(length(den)-1)
    disp('Система стійка за критерієм Гурвиця, так як всі визначники Гурвиця додатні.')
else
    disp('Система НЕ стійка за критерієм Гурвиця, так як не всі визначники Гурвиця додатні.')
end
end

```

					КР.ТВІІ-2.ЛА-5215.000.001.ІІЗ	Арк
						80
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		